

Lucas Welter

**AVALIAÇÃO DE RENDIMENTO E CARACTERÍSTICAS
FÍSICO-SENSORIAIS INSTRUMENTAIS DE *LONGISSIMUS*
DORSI SUÍNO INJETADO COM MISTURAS DE FOSFATOS**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência dos
Alimentos da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do Grau
de Mestre em Ciência dos Alimentos.
Orientador: Prof. Dr. Cesar Damian

Florianópolis

2012

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Welter, Lucas

Avaliação de rendimento e características físico-sensoriais
instrumentais de longissimus dorsi suíno injetado com misturas de fosfatos /
Lucas Welter ; orientador, Cesar Damian - Florianópolis, SC, 2012.
128 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos
Alimentos.

Inclui referências

1. Ciência dos Alimentos. 2. Tecnologia de Melhoramento
(enhancement). 3. Rendimento e Qualidade Objetiva. I. Damian, Cesar. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Ciência dos Alimentos. III. Título.

Lucas Welter

**AVALIAÇÃO DE RENDIMENTO E CARACTERÍSTICAS
FÍSICO-SENSORIAIS INSTRUMENTAIS DE *LONGISSIMUS*
DORSI SUÍNO INJETADO COM MISTURAS DE FOSFATOS**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Ciência dos Alimentos”, e aprovado em sua forma final pelo Programa Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 31 de Julho de 2012.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cesar Damian
Orientador
CAL/CCA/UFSC

Prof. Dr. Ernani Sebastião Sant’Anna
CAL/CCA/UFSC

Prof. Dr. Milton Luiz Pinho Espírito Santo
ECA/FURG

Prof. Dra. Vildes Maria Scussel
Suplente
CAL/CCA/UFSC

Dedico este trabalho aos meus pais
Luiz e Nilza pelo apoio,
encorajamento, amor e pelos
ensinamentos que formaram os
alicerces de minha história.

AGRADECIMENTOS

Tão importante quanto o talento, a capacidade de persistir é determinante para a busca do sucesso. Capacidade esta que se torna aflorada quando há pessoas e instituições em sua volta capazes de incentivar e apoiar, uma vez que ninguém se basta sozinho. Não fosse este apoio, por mais que tentemos executar as atividades a nós confiadas, não daríamos conta de realizá-las com a eficácia e prazos necessários. Sendo assim, minha sincera gratidão aos que contribuíram, da forma que puderam, na concretização deste trabalho, em especial:

À oportunidade cedida pela Universidade Federal de Santa Catarina pelo ensino gratuito e de qualidade.

Aos professores e servidores desta Universidade, principalmente os relacionados ao curso de pós-graduação em Ciências de Alimentos, do Centro de Ciências Agrárias, que prestam seus serviços a favor do conhecimento.

Ao Prof. Dr. Cesar Damian, que dentre outros trabalhos, aceitou mais esta parceria.

À Empresa Brasil Foods, pelo incentivo à pesquisa e oportunidade para realização dos experimentos.

Aos colegas do Centro de Tecnologia desta empresa, em especial ao químico Rodrigo Geremias, aos engenheiros de alimentos Douglas Danieleviz e Bruna Bonato e aos estagiários Bárbara Wosniak, Felipe Rigo, Laís Souza e Maiara Pittol.

À Empresa ICL Performance Products pelo envio de amostras de aditivos.

Aos meus pais, Luiz e Nilza, que não mediram esforços para proporcionar aos seus filhos o estudo que não tiveram oportunidade de desfrutar e desde sempre ensinaram seus mais preciosos valores.

Ao meu irmão, Eduardo, por ser uma pessoa de inteligência e perseverança únicas.

À Christiane Nogueira, minha melhor amiga e namorada, que há anos caminha ao meu lado e me engrandece como ser humano.

Àqueles que eventualmente não tenham seu nome citado e que também contribuíram para o trabalho e todos os acima citados,

MUITO OBRIGADO!

“Duas coisas são infinitas: o universo e a estupidez humana. Mas, no que respeita ao universo, ainda não adquiri a certeza absoluta.”

(Albert Einstein)

RESUMO

WELTER, Lucas. **Avaliação de rendimento e características físico-sensoriais instrumentais de *longissimus dorsi* suíno injetado com misturas de fosfatos.** 2012. 122 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, UFSC, Florianópolis, SC.

A carne suína é a proteína animal mais consumida no mundo e recentemente seu consumo tem passado por mudanças significativas, uma vez que há maior demanda por produtos semi-preparados e padronizados, sendo a coloração, maciez e textura os atributos sensoriais mais valorizados pelos consumidores. Com o intuito de aprimorar os atributos de palatabilidade observa-se o emprego da tecnologia de *enhancement*, que consiste no processo de injeção de uma solução de cloreto de sódio e fosfatos no músculo inteiro. Embora esta tecnologia comumente utilize apenas um fosfato, os principais objetivos deste trabalho foram avaliar o rendimento, características físico-químicas e funcionais, bem como aspectos de qualidade objetiva de lombos suínos injetados com cloreto de sódio e mistura de fosfatos. Para isto, elaborou-se amostras de *longissimus dorsi* suíno injetadas com 18% de salmoura, considerando teor de 1,2% de cloreto de sódio e 0,4% de fosfatos no produto final, sendo estes compostos pela aplicação individual ou misturas fracionadas dos seguintes aditivos: fosfato trissódico (TSP), pirofosfato tetrassódico (TSPP), tripolifosfato de sódio (STPP) e hexametáfosfato de sódio (SHMP) – amostras Controle (sem injeção) e também injetadas apenas com cloreto de sódio (1,2NaCl) foram avaliadas paralelamente. As amostras injetadas apresentaram, evidentemente, valores de umidade estatisticamente superiores ao tratamento Controle, bem como os teores de proteína e lipídio menores. O processo de injeção seguido por 72 horas de descanso sob refrigeração a 4 °C apresentou-se adequado para a distribuição de cloreto de sódio, uma vez que não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos. Os valores analíticos de anidrido fosfórico encontrados foram semelhantes ao valor teórico esperado, os quais influenciaram significativamente no aumento da força iônica das amostras. Além disso, a presença de fosfatos impactou diretamente no pH das salmouras, destacando o TSP no aumento e do SHMP na redução do mesmo. A injeção de salmoura com fosfatos alcalinos favoreceu o aumento do pH dos cortes, principalmente no início do

acompanhamento, uma vez que a capacidade tamponante da carne foi capaz de minimizar a influência dos fosfatos no pH da carne após 24 dias. A sinergia entre fosfatos e cloreto de sódio no aumento da capacidade de retenção de água, e consequentemente no rendimento, ficou evidente a partir da análise de perda por exsudação, gotejamento e no cozimento, onde estes tratamentos, de forma geral, apresentaram menores valores em relação ao tratamento Controle e 1,2NaCl – muito embora variações nos resultados tenham sido observadas e a influência de SHMP na melhora de tal propriedade foi baixa. No início do acompanhamento a amostra Controle apresentou-se mais clara em relação as demais e o STPP influenciou na manutenção da luminosidade (L^*); o índice de saturação (C^*) e variação global de cor (ΔE^*) apresentaram pequena variação durante as avaliações ao longo do tempo. A redução da tensão de cisalhamento foi observada nos tratamentos contendo apenas TSPP, STPP, TSP e algumas misturas de fosfatos contendo STPP e TSPP como componente majoritário. Os resultados demonstraram que a utilização de mistura de fosfatos auxilia no aumento do rendimento e incremento de atributos sensoriais de lombos suínos submetidos à tecnologia de *enhancement*.

Palavras-chave: lombo suíno, *enhancement*, mistura de fosfatos, rendimento, qualidade objetiva.

ABSTRACT

WELTER, Lucas. **Yield evaluation and instrumental physic sensorial analysis of pork *longissimus dorsi* with phosphate blends**. 2012. 122 p. Dissertation (Master on Food Science) – Food Science Postgraduate Program, UFSC, Florianópolis, SC.

Pork meat is the most consumed animal protein worldwide. Its consumption has been passing through some significant changes recently due to the increasing demand for semi-elaborated and standardized products in which the meat's color and softness are valuable attributes to costumers. In order to improve these palatability attributes, the use of enhancement technology, which is the process of injection of sodium chloride and phosphates into the whole muscle, can be made. This technology uses commonly a single phosphate and the main objectives of this research were to evaluate the yield, physicochemical data, functional characteristics and instrumental sensory analysis of pork loin injected with sodium chloride and phosphates mixes. For this, samples of pork *longissimus dorsi* were injected with 18% of brine, considering 1.2% of sodium chloride and 0.4% of phosphates at final product weight, where it was used trisodium phosphate (TSP), tetrasodium pyrophosphate (TSPP), sodium tripolyphosphate (STPP) and sodium hexametaphosphate (SHMP) – Control samples (no-injected), as well injected only with sodium chloride (1.2NaCl) where evaluated parallel. The injected samples showed, evidently, moisture values statistically higher than Control sample as well lower values of protein and lipids. The injection process was followed by 72 hours of resting at refrigerated conditions (4 °C) and presented appropriated sodium chloride distribution, once there were no significant differences between the treatments. The analytic values of phosphoric anhydride showed similar to the theoretical waited value, which significantly influenced the increase of ionic strength of samples. In addition, the presence of phosphates directly impacted the brine pH, highlighting TSP increase and SHMP reduction. The injection of brine with alkaline phosphates favored the raise of cuts pH, mainly in the begging of the experiment, once meat buffer capacity was able to minimize the influence of phosphates on meat pH after 24 days. The synergy between phosphates and sodium chloride on increasing the water holding capacity, and consequently its yield, became clear from purge loss analyses, drip test and cooking, in which treatments,

generally, showed lower values than Control and 1.2NaCl – although variations in results were observed and the influence of SHMP on improving this propriety were low. In the begging of the experiment, the Control sample showed to be clearer in comparison to other samples and the STPP influenced on the lightness maintenance (L^*); saturation index (C^*) and the global color alteration (ΔE^*) showed just a small variation during the experiment. The reduction of shear force was observed on treatments containing only TSPP, STPP, TSP, as well some phosphate mixes composed mainly with STPP and TSPP. The results have showed that phosphate mixes help improving the yield and the sensory attributes of pork loin submitted to the enhancement technology.

Keywords: pork loin, enhancement, phosphate blend, yield, objective quality

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Composição do músculo esquelético.....	28
Figura 2 Estrutura muscular.....	29
Figura 3 Estruturas fibrilares e moleculares dos elementos contrateis do músculo.....	30
Figura 4 Actina e suas subunidades.....	31
Figura 5 Ciclo da actomiosina. Mudanças reversíveis na associação da miosina e actina estão relacionadas à presença de Ca^{2+} e ATP e sua hidrólise.....	33
Figura 6 Deslocamento das fibras musculares.....	34
Figura 7 Metabolismo aeróbico e anaeróbico no tecido muscular.....	36
Figura 8 Alterações químicas e físicas no músculo no período <i>post-mortem</i> , considerando musculatura de suínos com metabolismo normal.....	38
Figura 9 Efeito do pH na solubilidade das proteínas.....	43
Figura 10 Estrutura molecular da mioglobina.....	46
Figura 11 Representação tridimensional do sistema de cor CIELAB.....	49
Figura 12 Micrografias eletrônicas de tecido suíno submetidos à soluções de NaCl.....	55
Figura 13 Intumescimento de miofibrilas em concentrações de cloreto de sódio. Imagem ampliada 4000x.....	56
Figura 14 Representação esquemática da relação entre força iônica e solubilidade das miofibrilas.....	57
Figura 15 Efeitos de cátions divalentes e monovalentes na água livre.....	59
Figura 16 Propriedade de diferentes fosfatos.....	60
Figura 17 Mudanças estruturais em miofibrilas de frango irrigadas com	64

solução de NaCl na presença e ausência de pirofosfato de sódio à pH 6,0.....	
Figura 18 Fluxograma proposto para os tratamentos experimentais.....	70
Figura 19 Fluxograma do procedimento de elaboração e separação das amostras.....	74
Figura 20 Amostra de lombo padronizado.....	75
Figura 21 Amostra de lombo após tratamentos experimentais (a) e postas de 2,54 cm (b).....	77
Figura 22 Análise de pH em postas de lombo suíno.....	79
Figura 23 Amostras submetidas à avaliação de perda por gotejamento através da metodologia da bolsa de Honikel.....	81
Figura 24 Avaliação de cor das amostras.....	82
Figura 25 Cozimento de postas de lombo embaladas á vácuo.....	83
Figura 26 Texturômetro e corpos de prova utilizados no experimento...	84
Figura 27 Teores médios de umidade, proteína e lipídio em cada tratamento.....	89
Figura 28 pH de lombos suínos ao longo do tempo.....	96
Figura 29 Músculo <i>longissimus thoracis</i> bovino injetado com 25,8% de salmoura contendo corante.....	101
Figura 30 Valores de L* ao longo do tempo.....	104
Figura 31 Valores de a* ao longo do tempo.....	105
Figura 32 Valores de b* ao longo do tempo.....	106
Figura 33 Valores de C* ao longo do tempo.....	107
Figura 34 Resultados de perda no cozimento.....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Concentração de glicogênio e lactato em músculos em repouso e 24 horas <i>post-mortem</i>	37
Tabela 2 Tempo de glicólise na musculatura de diferentes espécies.....	39
Tabela 3 Pigmentos da carne.....	47
Tabela 4 Características dos principais fosfatos utilizados na indústria de carnes.....	62
Tabela 5 Sistema Internacional de Numeração para os diferentes fosfatos utilizados como estabilizantes em produtos cárneos, de acordo com a Portaria nº 1.004 de 11 de dezembro de 1998 e Instrução Normativa nº 51, de 29 de dezembro de 2006.....	66
Tabela 6 Percentual de ingredientes em salmoura.....	71
Tabela 7 Resultados de pH de salmouras obtidos durante a análise prévia.....	72
Tabela 8 Tratamentos e ingredientes associados.....	73
Tabela 9 Teores de umidade, proteína e lipídio (média \pm desvio padrão).....	88
Tabela 10 Teores analíticos de cloreto de sódio e anidrido fosfórico (P_2O_5) (média \pm desvio padrão), percentual de P_2O_5 teórico e força iônica dos tratamentos.....	91
Tabela 11 pH de salmouras utilizadas na injeção de lombos suínos.....	94
Tabela 12 pH de lombos suínos ao longo do tempo.....	95
Tabela 13 Exsudação de lombos suínos embalados ao longo do tempo..	98
Tabela 14 Resultados de capacidade de retenção de água através da metodologia da bolsa de Honikel.....	100
Tabela 15 Variação dos parâmetros L^* , a^* e b^* ao longo do tempo.....	103

Tabela 16 Valores de C^* ao longo do tempo e ΔE^* entre tempo 72 horas e 24 dias de lombos suínos injetados.....	108
Tabela 17 Resultados de tensão de cisalhamento, em Newton, obtidos através da análise de Warner-Bratzler.....	112

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	23
1.1 OBJETIVOS.....	25
1.1.1 Objetivo Geral.....	25
1.1.2 Objetivos Específicos.....	25
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	26
2.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARNE.....	26
2.1.1 Água.....	26
2.1.2 Proteínas.....	26
2.2 FISIOLOGIA MUSCULAR.....	29
2.2.1 Estrutura Muscular.....	29
2.2.2 Contração muscular.....	32
2.2.3 Metabolismo celular.....	34
2.3 ALTERAÇÕES MUSCULARES <i>POST-MORTEM</i>	36
2.4 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA.....	40
2.4.1 Mensuração da capacidade de retenção de água.....	44
2.5 CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA.....	44
2.5.1 Coloração.....	45
2.5.1.1 Avaliação objetiva da coloração.....	50
2.5.2 Maciez da carne.....	50
2.5.2.1 Avaliação objetiva da maciez.....	51
2.6 TECNOLOGIA DE MELHORAMENTO (<i>enhancement</i>).....	53
2.6.1 Ingredientes.....	53
2.6.1.1 Cloreto de sódio	54
2.6.1.2 Fosfatos.....	59
2.6.1.3 Efeito sinérgico de cloreto de sódio e fosfato.....	62
2.6.1.4 Regulamentação.....	65
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	69
3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	69
3.1.1 Análise prévia.....	71
3.1.2 Tratamentos adotados.....	73
3.1.3 Procedimentos de preparo de amostras.....	74
3.2 PREPARO DAS AMOSTRAS.....	74
3.2.1 Matéria-prima cárnea.....	74
3.2.2 Preparo de salmouras.....	75
3.2.3 Injeção e separação das amostras.....	76
3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	77
3.3.1 Umidade.....	77
3.3.2 Proteína bruta.....	78

3.3.3 Lipídio.....	78
3.3.4 Cloreto de sódio.....	78
3.3.5 Fosfato.....	78
3.3.6 Análise de pH.....	78
3.4 PERDA DE PESO POR EXSUDAÇÃO (<i>PURGE LOSS</i>).....	79
3.5 PERDA DE PESO POR GOTEJAMENTO (BOLSA DE HONIKEL).....	80
3.6 AVALIAÇÃO INSTRUMENTAL DA COLORAÇÃO.....	81
3.7 PERDA DE PESO NO COZIMENTO.....	82
3.8 TENSÃO DE CISALHAMENTO DE WARNER–BRATZLER.....	83
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	87
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	87
4.1 RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS.....	87
4.1.1 Umidade, proteína e lipídio.....	87
4.1.2 Cloreto de sódio e fosfatos.....	89
4.1.3 pH.....	92
4.2 PERDA DE PESO POR EXSUDAÇÃO (<i>PURGE LOSS</i>).....	96
4.3 PERDA DE PESO POR GOTEJAMENTO (BOLSA DE HONIKEL).....	98
4.4 AVALIAÇÃO INSTRUMENTAL DA COLORAÇÃO.....	101
4.5 PERDA DE PESO NO COZIMENTO.....	109
4.6 TENSÃO DE CISALHAMENTO DE WARNER–BRATZLER.....	111
5 CONCLUSÕES.....	113
6 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	114
REFERÊNCIAS.....	115

1 INTRODUÇÃO

A carne suína é hoje a proteína animal mais consumida no mundo, tendo ultrapassado a preferência dos consumidores pela carne bovina no ano de 1979 (ELAM, 1997). De acordo com o relatório anual da Associação Brasileira de Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína (ABIEPCS) de 2009, a participação da carne suína na aquisição domiciliar brasileira de carnes é de 13%, sendo que as carnes de origem bovina e de ave lideram esta estatística com 40% e 31%, respectivamente; desta participação, destaca-se o consumo de carne suína *in natura*, com 37% de participação, linguiças e salsichas. No ano de 2010, por exemplo, a disponibilidade interna de carne suína cresceu 4,1%, permanecendo abaixo do potencial consumo, estimado em 15 kg por habitante por ano (ABIEPCS, 2010).

Apesar de o Brasil ser o quarto maior produtor de carne suína do mundo, atrás de China, do bloco dos 27 países da União Européia e dos Estados Unidos da América, o país apresenta baixo consumo per capita: em 2009 foram 13,8 quilogramas por habitante, número bastante pequeno quando comparado a Hong Kong, China e Suíça, que apresentam taxas de consumo de carne suína per capita de 68,50, 36,50 e 33,30 quilogramas por habitante, respectivamente, conforme disponível no endereço eletrônico da ABIEPCS (2012).

Nas últimas décadas, mudanças significativas têm ocorrido nos padrões de consumo alimentar, entre elas a redução do consumo de alimentos que demandam maior tempo para o seu preparo e o aumento do consumo de alimentos semi-preparados e prontos, as quais são observadas no Brasil (SCHLINDWEIN; KASSOUF, 2006) e também no contexto mundial (XIONG, 2005).

No Brasil, além dos fatores relacionados à conveniência, a comercialização em açougues vem perdendo espaço para a comercialização direta de carnes prontas para o preparo do doméstico, o que está intrinsecamente relacionada à publicação da Portaria nº 304 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em abril de 1996, que estabelece condições adequadas de temperatura, manuseio, embalagem e identificação da carne de bovinos, bubalinos e suínos (BRASIL, 1996). Com isto, as indústrias passaram a distribuir carnes padronizadas quanto ao corte e embaladas à vácuo, ou, em alguns casos,

embaladas sob atmosfera modificada ou previamente temperadas (DAGUER, 2009).

No que se refere aos atributos sensoriais, a maciez e suculência são os mais importantes para os consumidores de carnes *in natura* ou processadas (RUST, 1998; DIRINCK *et al.*, 1996, XIONG, 2005), de forma que o aprimoramento das mesmas é objeto de estudo de muitas indústrias (STEPHENS, 2006). A maior ênfase nestes quesitos de palatabilidade, aliado a demanda dos consumidores por itens de maior conveniência, tem promovido a modificação de cortes comerciais através da adição de água. Nos Estados Unidos da América grandes companhias frigoríficas têm aumentando significativamente a manufatura de cortes suínos, bovinos e de frango adicionados de água para comercialização de produtos auto-serviço – estes itens, por vez, estão substituindo gradualmente os tradicionais cortes *in natura* (XIONG, 2005). Para este fim, os ingredientes utilizados são relativamente de baixo custo e facilmente obtidos, sendo que os equipamentos utilizados no processo são comumente encontrados em frigoríficos industrializadores (MOLINA *et al.*, 2005).

O processo de adição de ingredientes não cárneos a cortes *in natura*, com o objetivo de aprimorar os atributos de palatabilidade do produto final, é denominado *enhancement* (incremento, melhoria) (MEISINGER, 2002; DAGUER; ASSIS; BERSOT, 2010), e consiste tipicamente de uma solução de água, cloreto de sódio e fosfatos injetados no músculo inteiro, não devendo ser aplicado como método para melhora de carnes de baixa qualidade, mas sim para aprimorar a qualidade global dos cortes expostos à venda (MILLER, 1998).

A extensão cárnea culmina com o aumento da capacidade de retenção de água. Pelo fato da maior parte da água no músculo estar confinada no interior das miofibrilas, mais precisamente no espaço entre os filamentos grossos (miosina) e finos (actina), qualquer alteração física, química ou enzimática que promover aumento do espaço interfilamentar pode aumentar a capacidade de retenção de água na carne. A principal metodologia para aprimorar a retenção de água quimicamente, e por consequência aumentar o rendimento e melhorar os atributos sensoriais de suculência e textura de carnes suínas, bovinas e de aves, é adição de fosfatos inorgânicos (XIONG, 2004; YAMAZAKI; SHEN; SWARTZ, 2010), sendo que os mais comumente utilizados são o pirofosfato, tripolifosfato (XIONG, 2005) e hexametáfosfato

(YAMAZAKI; SHEN; SWARTZ, 2010). A adição de mais de um fosfato também tem sido avaliada (WICKLUND *et al.*, 2006).

Com isto, este trabalho avaliou os atributos de lombo suíno injetado com soluções de diferentes fosfatos, buscando demonstrar a influência destes na capacidade de retenção de água, bem como nas características sensoriais através de métodos objetivos de avaliações de coloração e textura.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar rendimento, características físico-químicas e funcionais, bem como aspectos de qualidade sensorial instrumental, de lombo suíno injetado influenciado pela adição de cloreto de sódio e diferentes combinações de fosfatos, envolvendo os seguintes aditivos: fosfato trissódico, pirofosfato tetrassódico, tripolifosfato de sódio e hexametafosfato de sódio.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a influência da adição de salmouras de cloreto de sódio e fosfatos na composição de umidade, lipídio e proteína de lombo suíno injetado;
- Avaliar a influência da injeção de salmouras em lombo suíno no que se refere à capacidade de retenção de água através da determinação de perda por exsudação na embalagem, no cozimento e por gotejamento;
- Investigar a influência dos aditivos na tensão de cisalhamento;
- Analisar a capacidade de manutenção da cor da carne dos fosfatos ao longo do tempo de lombo suíno injetado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARNE

Tecidos comestíveis provenientes de carcaças de animais são designados como carne e consistem de músculo, tecido adiposo, tecido conectivo, sangue e vasos sanguíneos, tendões, cartilagem e ossos, apresentando 5 componentes principais em sua constituição: umidade, proteína, lipídio, carboidratos e minerais (KEETON; EDDY, 2004), sendo que esta composição varia de acordo com a espécie e sexo do animal, maturidade fisiológica, plano de nutrição, predisposição genética e localização do corte na carcaça (RAMÍREZ; CAVA, 2007; WOOD *et al.*, 2008; ORELLANA *et al.*, 2009).

Os músculos são compostos por inúmeros compostos químicos, incluindo ácidos graxos livres, glicerol, triacilgliceróis, fosfolipídios, vitaminas, glicogênio, ATP, minerais, mioglobina e proteínas, sendo que as proteínas miofibrilares representam cerca de 60% do total de proteínas do músculo (KAUFFMAN, 2001).

2.1.1 Água

Nos tecidos musculares vivos a água pode variar de 65% a 80% do peso total. Ela compreende a maior parte do sarcoplasma do músculo, bem como circunda as proteínas miofibrilares, que por vez constituem entre 75-92% do volume da carne magra e desempenham papel importante na capacidade de retenção de água do tecido (KEETON; EDDY, 2004).

A maior fração de água do músculo está ligada no interior da estrutura muscular e também nas próprias células musculares, onde é encontrada entre um conjunto de miofibrilas e entre miofibrilas e membrana celular, bem como entre as células musculares e entre os feixes musculares (OFFER; COUSINS, 1992). Entretanto, a quantidade e o distribuição de água na carne podem variar dependendo de alguns interferentes relacionados ao tecido ou à manipulação (tempo, temperatura e tratamentos) (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005).

Parte da água contida no músculo está intimamente ligada às proteínas. Por definição, segundo Fennema (1996), a água ligada é aquela encontrada na circunvizinhança de constituintes não aquosos e possuem mobilidade reduzida, sendo bastante resistente ao congelamento e à exsudação através de aquecimento convencional. Hamm (1960), por exemplo, destacou que não mais do que 5% do total de água do músculo está diretamente ligada aos grupos hidrofílicos das proteínas; para Huff-Lonergan e Lonergan (2005), esta fração de água representa menos de 10% do total de água no músculo.

Outra fração de água encontrada no músculo é denominada água imobilizada e caracteriza-se por estar retida através de efeitos estéricos ou por atração à água fortemente ligada às proteínas (FENEMMA, 1996); desta forma, a água está retida na estrutura muscular, mas não intimamente ligada à proteína. Segundo Offer e Knight (1988), no período *post-mortem* esta água não flui livremente do tecido, embora possa ser removida por processos de secagem, e é facilmente convertida em gelo. Esta fração de água é afetada pelo processo de desenvolvimento de *rigor mortis* devido as características estruturais da carne sofrerem alterações com o decréscimo do pH.

Por fim, a água livre representa a última fração de água constituindo o músculo e caracteriza-se por fluir desimpedidamente do músculo pelo fato de forças superficiais frágeis serem as principais responsáveis por sua retenção (FENEMMA, 1996).

Destas frações citadas, a maior parte da água do músculo está presente nas miofibrilas, nos espaços entre os filamentos grossos de miosina e os filamentos finos de actina/tropomiosina (LAWRIE, 2005; FEINER, 2006). Offer e Trinick (1983) demonstraram que a menor importância da ligação à água à superfície das proteínas estava relacionada ao fato que a máxima retenção de água pelas miofibrilas ocorre sob condições em que uma quantidade considerável de proteínas da Banda A foi extraída.

2.1.2 Proteínas

O tecido muscular apresenta cerca de 70-75% de água, 22% de proteína, 2-4% de gordura intramuscular e aproximadamente 2% de carboidratos e minerais, conforme ilustrado na Figura 1. Os 22% de

proteína podem ser divididos em 13% de proteínas miofibrilares (solúveis em cloreto de sódio), 7% de proteínas sarcoplasmáticas (solúveis em água ou baixas concentrações de cloreto de sódio) e 2% de proteínas estruturais, a exemplo das proteínas do tecido conectivo (FEINER, 2006).

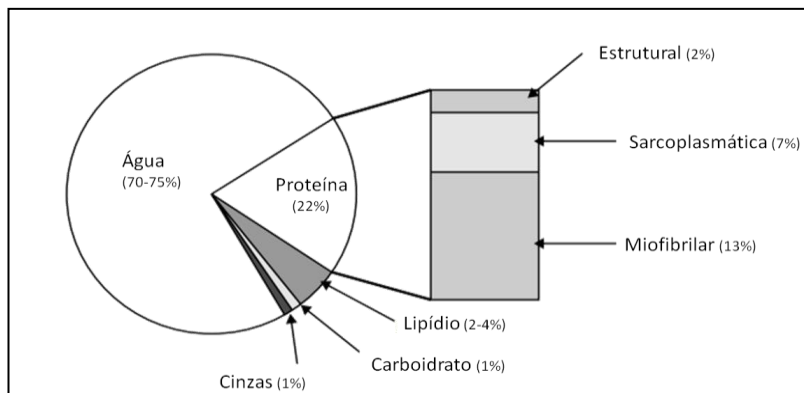


Figura 1 Composição do músculo esquelético. Adaptado de Keeton e Eddy (2005).

A miofibrila é composta por mais de 20 proteínas contráteis distintas, sendo que 10 delas correspondem por aproximadamente 93% de sua constituição: miosina (43%), actina (22%), titina (8%), tropomiosina (5%), troponina (5%), nebulina (3%), proteína-C (2%), α -actinina (2%), proteína-M (2%) e desmina (<1%) (KEETON; EDDY, 2004).

Quantitativamente, a principal proteína miofibrilar é a miosina, que representa 43% do volume total de proteínas miofibrilares e aparece como o filamento mais espesso na estrutura do sarcômero. A segunda proteína miofibrilar em quantidade é a actina, que representa 22% do total de proteína, e compõe o filamento delgado da unidade funcional do músculo. Existem outras proteínas que desempenham papel fundamental na contração muscular, mas sua fração na composição muscular é bastante inferior à miosina e actina, tais como: titina, tropomiosina e troponina (KAUFFMAN, 2001).

2.2 FISILOGIA MUSCULAR

2.2.1 Estrutura Muscular

O músculo é coberto por uma delgada camada de tecido conectivo denominada epimísio, que é a extensão do tendão. Este, por vez, é dividido em feixes de fibras musculares e uma nova camada de tecido conjuntivo, denominada de perimísio, as recobrem. Por fim, cada um destes feixes é formado por fibras individualizadas, que são novamente envoltas por tecido conjuntivo, o endomísio (BAILEY; LIGHT, 1989; FOEGEDING; LANIER; HULTIN, 1996; FEINER, 2006) – conforme ilustrado na Figura 2.

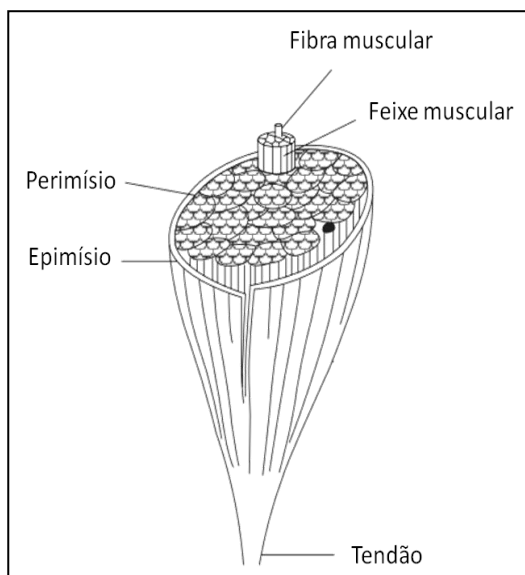


Figura 2 Estrutura muscular. Fonte: Adaptado de Feiner (2006).

A aparência estriada que caracteriza o músculo esquelético está relacionada à repetitiva organização das proteínas miofibrilares (FOEGEDING; LANIER; HULTIN, 1996; LAWRIE, 2005; FEINER, 2006), ilustrada na Figura 3. As bandas escuras são anisotrópicas quando visualizadas sob a luz polarizada, desta forma são denominadas

Bandas A. Já as bandas mais claras são isotrópicas e chamadas de Bandas I. No centro das Bandas I encontra-se uma linha perpendicular mais escura, a Linha Z – que recebe esta nomenclatura por ser derivado do alemão *zwischen*, que significa entre (GOLL; ROBSON; STROMER, 1984; FOEGEDING; LANIER; HULTIN, 1996). A região compreendida entre duas Linhas Z consecutivas é denominada sarcômero, que é a menor unidade funcional das miofibrilas (GREASER, 2001; HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005).

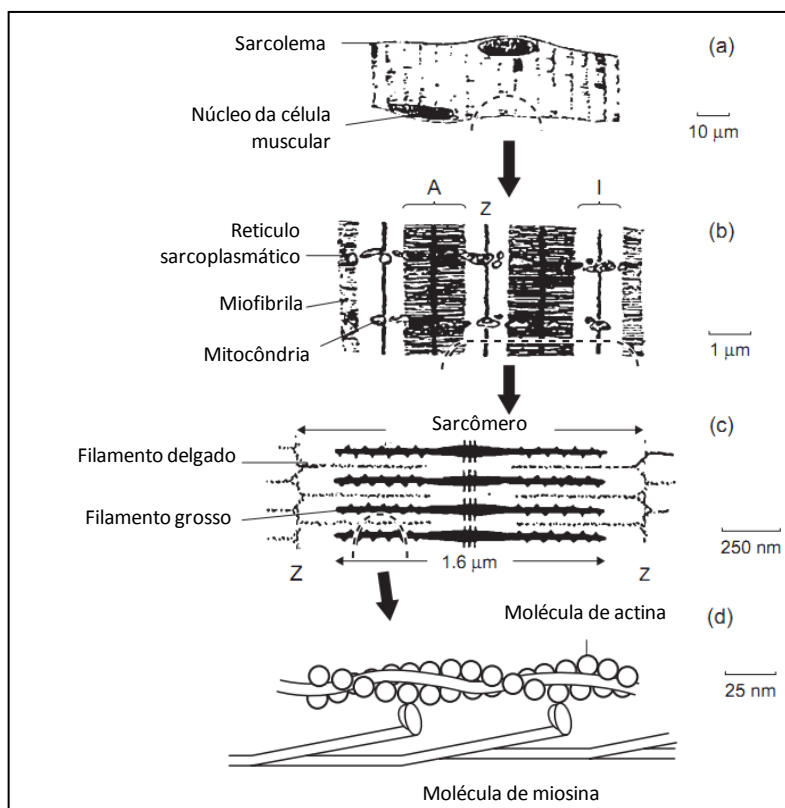


Figura 3 Estruturas fibrilares e moleculares dos elementos contráteis do músculo. Fibra de músculo esquelético em secção longitudinal (a) através de visualização de microscópio de luz; (b) e (c) através de microscopia eletrônica; e (d) conforme reconstituição de evidências de cristalografia de raios-X. Fonte: Adaptado de Davies (2004).

O filamento mais espesso do sarcômero – miosina – é encontrado na Banda A e esta interdigitado com filamentos delgados – actina –, os quais estão conectados à Linha Z. A contração muscular ocorre, por vez, através do deslocamento relativo destes filamentos um sob os outros (GREASER, 2001). Quando o músculo vivo se contrai, a actina desliza sobre a miosina em direção ao centro do sarcômero, encurtando a Banda I, enquanto a Banda A, delimitada pelos miofilamentos grossos, permanece constante (FOEGEDING; LANIER; HULTIN, 1996; HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005). Sendo assim, o comprimento da unidade funcional muscular possui alta correlação com a maciez da carne (RAMOS; GOMIDE, 2009).

O ponto isoeletrico da miosina, onde o número de cargas positivas e negativas estão presente em um mesmo número na proteína, ocorre a pH 5. Esta proteína é solúvel em soluções de 1-6% de cloreto de sódio, sendo que acima deste valor é desnaturada. A calda da molécula da miosina é rica em aminoácidos ácidos e alcalinos e os grupos COO^- e NH_3^+ de cada lado da molécula atraem-se entre si, deixando os filamentos unidos e ocasionando menor solubilidade em água. Já a actina, filamento delgado do sarcômero, é composta por subunidades de actina-G, troponina, tropomiosina e actinina e sua estrutura está ilustrada na Figura 4. Cerca de 360 moléculas de actina-G polimerizam-se para formar a actina-F, originando duas cordas de glóbulos de actina que se entrelaçam para formar uma estrutura de hélice. Estas são envoltas por tropomiosina, as quais exibem em sua estrutura o complexo de troponina – que apresenta grande afinidade a íons Ca_2^+ (FEINER, 2006).

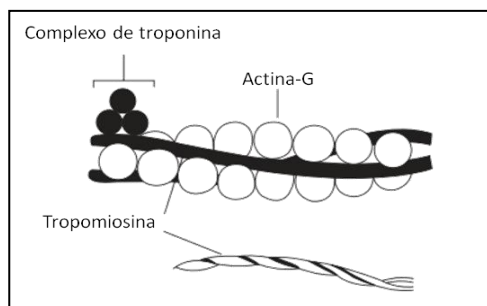


Figura 4 Actina e suas subunidades. Fonte: Adaptado de FEINER (2006).

2.2.2 Contração muscular

Para transmitir de forma eficiente a força originada nas miofibrilas para toda a estrutura muscular e também aos membros ou estruturas que são movimentadas, o músculo esquelético apresenta uma organização complexa (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005).

O fenômeno da contração muscular inicia-se através da chegada de um impulso nervoso à placa motora, sendo que um único axônio conecta-se a algumas centenas de fibras musculares em um grupo denominado unidade motora. O neurônio libera determinada quantidade de acetilcolina, a qual se difunde por toda a superfície da célula muscular e liga-se aos receptores deste neurotransmissor, acarretando na despolarização da membrana celular. Tal fenômeno, por vez, atinge invaginações perpendiculares específicas, denominadas túbulos T, que penetram a célula muscular até seu centro e estão ligadas ao retículo sarcoplasmático, acarretando a liberação de íons de cálcio ao citossol (FOEGEDING; LANIER; HULTIN, 1996; GREASER, 2001; DAVIES, 2004).

A partir da difusão de cálcio às miofibrilas, estes íons ligam-se a porção de troponina, nos filamentos delgados, causando alteração estrutural e aproximação da tropomiosina à actina. Na actina, a partir do movimento da tropomiosina, ocorre a exposição dos sítios de ligação à miosina e ligação entre as duas proteínas – onde a miosina empurra ou puxa a actina em pequenas distâncias (algo próximo a 10 nm); então, a cabeça da miosina desprende-se e pode ser ligada a outra actina, sendo que o deslizamento dos filamentos exige energia proveniente de ATP – conforme ilustrado na Figura 5. A cabeça da miosina dobra-se na região medial, fazendo com que a porção próxima aos filamentos delgados desempenhe atividade semelhante a um braço de alavanca (FOEGEDING; LANIER; HULTIN, 1996; GREASER, 2001; DAVIES, 2004).

Durante a contração do músculo vivo, a atividade da ATPase da miosina gera energia para a miosina ligar-se a actina, girá-la e puxar os filamentos delgados para o centro do sarcômero, o que diminui o tamanho do miofibrila, da célula muscular e, eventualmente, do músculo para produzir a contração (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005). A miosina e actina dissociam-se quando uma nova molécula de ATP liga-se

a cabeça globular do filamento grosso (GOLL; ROBSON; STROMER, 1984).

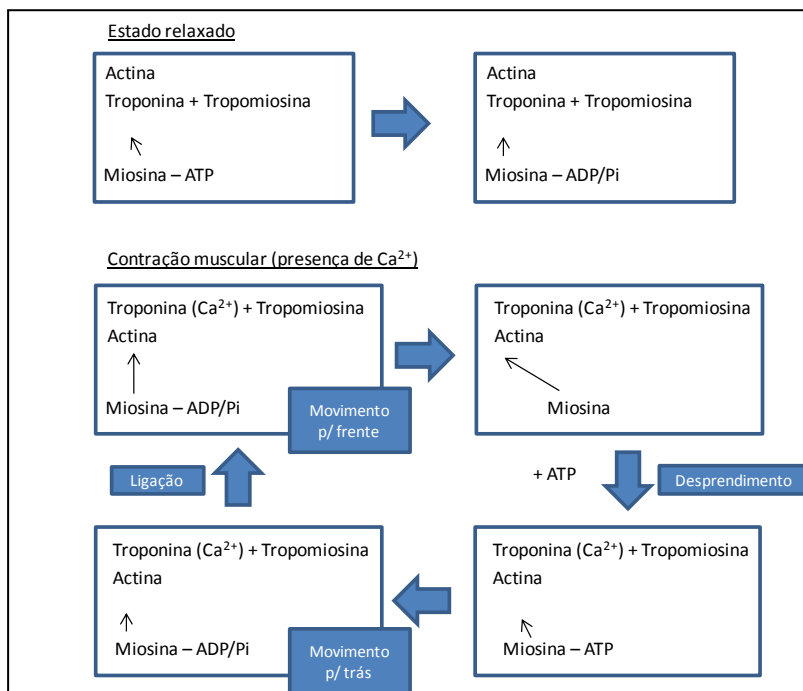


Figura 5 Ciclo da actomiosina. Mudanças reversíveis na associação da miosina e actina estão relacionadas à presença de Ca^{2+} e ATP e sua hidrólise. Fonte: Adaptado de Honikel (2004).

O sítio catalítico localizado na cabeça da molécula de miosina desempenha papel fundamental durante a contração muscular, sendo que a atividade da ATPase é limitante na velocidade da contração. Quanto maior o nível de atividade, mais rápido ocorre a hidrólise do ATP e uma maior quantidade de energia está disponível para o deslocamento mecânico. Fibras musculares rápidas, com um tempo de tensão máximo de aproximadamente 10 ms, apresentam elevada atividade da ATPase; enquanto que as fibras de contração lenta, cerca de 80 ms, apresentam menor atividade enzimática (DAVIES, 2004).

Ao final do processo, o cálcio necessário para a ativação da contração muscular é bombeado para o interior do retículo sarcoplasmático através de um transporte ativo e ocorre o restabelecimento da polaridade na membrana celular através da bomba de sódio e potássio, a qual também consome ATP pelo fato de ser um transporte contra o gradiente de concentração (GREASER, 2001).

O comprimento de um sarcômero é de aproximadamente 4,5 μm quando completamente relaxado e pode chegar, quanto totalmente contraído, a tamanho inferior a 1,5 μm , conforme ilustrado na Figura 6 – sendo que tal dimensão está intimamente relacionada com a maciez da carne. A alteração no comprimento do sarcômero ocorre sem alteração nas dimensões da actina e miosina, mas simplesmente pelo deslocamento e interdigitação das mesmas (DAVIES, 2004).

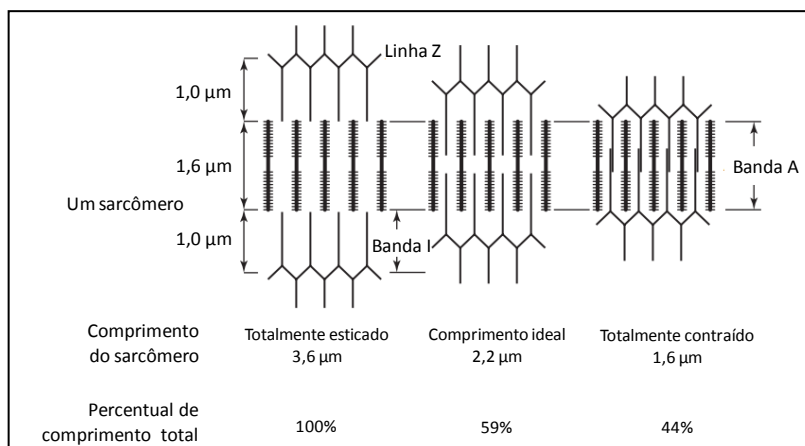


Figura 6 Deslocamento das fibras musculares. Fonte: Adaptado de Davies (2004).

2.2.3 Metabolismo celular

A ingestão de componentes energeticamente ricos mantém o equilíbrio das reações celulares dos animais, o qual é necessário para

preservar o organismo no estado vivo e manter sua temperatura corporal constante. O excedente deste metabolismo energético é armazenado nas células musculares na forma glicogênio e creatina fosfato (CP), ambos polissacarídeos, ou nas células adiposas na forma de triacilgliceróis, os quais são catabolizados para gerar ATP a medida em que a energia torna-se necessária (HONIKEL, 2004).

A principal rota do metabolismo energético do tecido muscular envolve a glicólise e consequente formação de piruvato, o qual, no tecido vivo, é transportado às mitocôndrias para posterior oxidação a dióxido de carbono e água, gerando elevada quantidade de ATP. O piruvato derivado da glicólise é oxidado à acetil-CoA e CO_2 pelo complexo enzimático da piruvato desidrogenase através de uma descarboxilação oxidativa irreversível, conforme ilustrado na Figura 7. Os últimos passos deste complexo enzimático envolvem a transferência de elétrons na cadeia respiratória de forma a prepará-lo para outro ciclo de oxidação (NELSON; COX, 2008).

Uma fonte adicional de ligações fosfatos rica em energia pode ser a partir da CP, uma vez que a enzima creatina fosfatoquinase catalisa a reação entre ADP e CP para originar ATP e creatina (C) (GREASER, 2001; DAVIES, 2004). Já os ácidos graxos livres são submetidos à remoção sucessiva de duas unidades de carbono – processo metabólico conhecido como β -oxidação – para formar o acetil-CoA e seguir para o ciclo do ácido cítrico e cadeia respiratória (NELSON; COX, 2008).

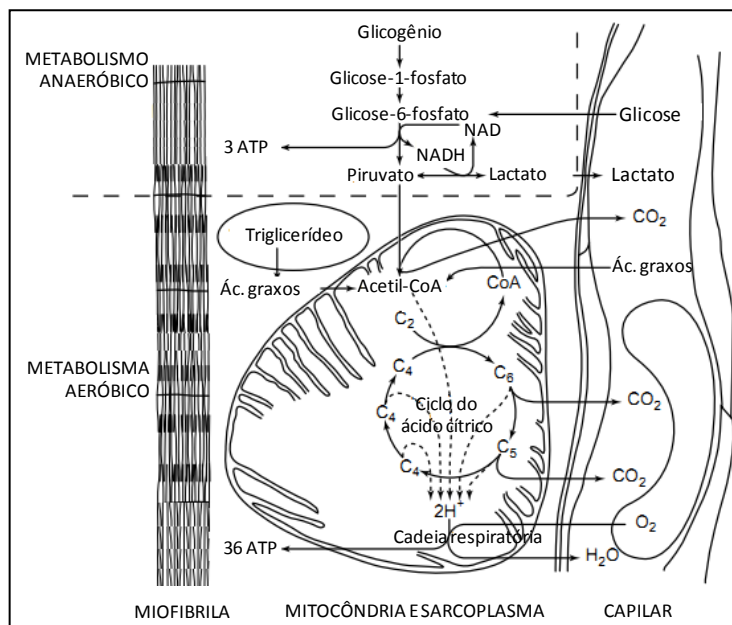


Figura 7 Metabolismo aeróbico e anaeróbico no tecido muscular. Fonte: Adaptado de Davies (2004).

2.3 ALTERAÇÕES MUSCULARES *POST-MORTEM*

Durante o processo de abate o fluxo sanguíneo diminui em virtude da parada do coração, sendo que o oxigênio e os metabólitos, como glicose, não são mais transportados para as células e os produtos do metabolismo celular não são mais removidos (HONIKEL, 2004), dando início à transformação do músculo em carne, conversão que envolve um processo complexo de muitas alterações bioquímicas e físicas, onde o tecido muscular extensível e metabolicamente ativo é convertido em uma estrutura inextensível e quiescente (GREASER, 2001).

A principal alteração física que ocorre no músculo *post-mortem* é o surgimento do *rigor mortis*, termo derivado do latim que significa rigidez da morte e que apresenta tempo de desenvolvimento relacionado às mudanças metabólicas no músculo, sendo que o completo rigor corresponde ao momento em que a totalidade de ATP foi esgotada, fato

que culmina na formação de ligações permanentes ao longo das fibras (GREASER, 2001; HONIKEL, 2004; HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005). Em micrografias eletrônicas de músculos contraídos ou em *post-rigor*, a actomiosina apresenta estrutura semelhante a pontes cruzadas entre os filamentos grossos e delgados; sendo que no *post-mortem* estas ligações tornam-se irreversíveis (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005).

A falta de oxigênio no músculo, ocasionada pela interrupção do fluxo sanguíneo, inviabiliza a geração de ATP através das atividades do ciclo do ácido cítrico e a cadeia respiratória (HONIKEL, 2004). Isto ocasiona a glicólise anaeróbica, onde cada mol de glicose muscular metabolizada gera 2 moles de lactato. Conforme a Tabela 1, os níveis de glicogênio de músculos em repouso variam dependendo das espécies e 24 horas *post-mortem* a concentração de lactato atinge 77-100 mmol por quilograma de tecido, enquanto o glicogênio baixa para menos de 10 mmol. Em consequência do aumento de lactato o pH cai de 7,1 – 7,3 para 5,5 – 5,7, sendo que este decréscimo é dependente de temperatura, onde observa-se declínio mais rápido em músculo que não são prontamente resfriados (KEETON; EDDY, 2004).

Tabela 1 Concentração de glicogênio e lactato em músculos em repouso e 24 horas *post-mortem*.

Espécie	Glicogênio (mmol.kg ⁻¹)		Lactato (mmol.kg ⁻¹)	
	<i>Ante-mortem</i>	<i>Post-mortem</i>	<i>Ante-mortem</i>	<i>Post-mortem</i>
Bovino	78-97	8-10	14-18	77-100
Suíno	55-65	aprox. 20	6-11	77-90

Fonte: Adaptado de Keeton e Eddy (2004).

Embora a atividade muscular encerre alguns minutos após a morte, as bombas de cálcio do retículo sarcoplasmático e de sódio e potássio da membrana celular permanecem em atividade para transportar os íons contra o gradiente de concentração. Neste momento, como a geração de ATP é gerada apenas através da glicólise, e como há uma determinada quantidade de glicogênio disponível no momento da morte do animal, o processo de obtenção energética ocorre por mais

alguns instantes – até que a quantidade de glicogênio esteja esgotada (GREASER, 2001).

Um exemplo gráfico das alterações *post-mortem* em diversas propriedades do músculo esta descrito na Figura 8, onde pode se observar que o declínio do pH é bastante linear e paralelo ao aumento de concentração de ácido lático. A concentração de ATP permanece estável nas primeiras horas *post-mortem* até iniciar um decréscimo linear que, por vez, coincide com a redução de creatina fosfato (GREASER, 2001). O tempo de glicólise e a consequente redução do pH varia de acordo com o animal e grupo muscular, sendo ocorre mais rapidamente em suínos e aves que em bovinos e caprinos – conforme demonstrado na Tabela 2 (HONIKEL, 2004).

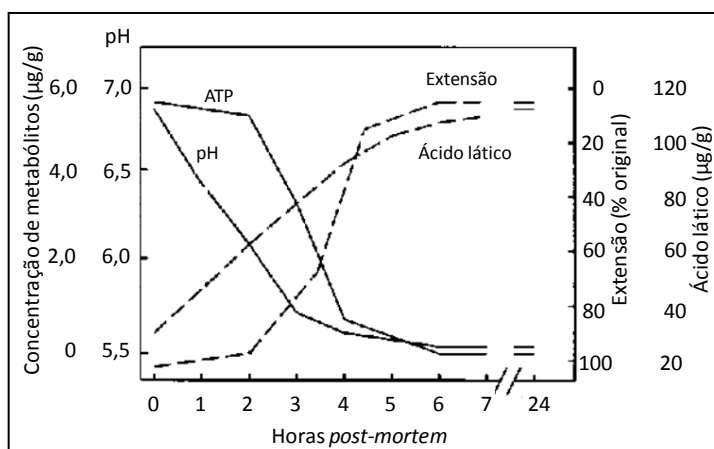


Figura 8 Alterações químicas e físicas no músculo no período *post-mortem*, considerando musculatura de suínos com metabolismo normal. Fonte: Adaptado de Greaser (2001).

Tabela 2 Tempo de glicólise na musculatura de diferentes espécies.

Espécie	Músculo		Tempo para atingir pH 5,5 - 5,7 (horas)
Suíno	<i>Longissimus dorsi</i>	Normal	6
		PSE	1
	<i>Adductor</i>	Normal	8
Frango	<i>Pectoralis</i>		1,5
Bovino	<i>Longissimus dorsi</i>		18
	<i>Adductor</i>		22
	<i>Sternomandibularis</i>		25
Cordeiro	<i>Longissimus dorsi</i>		16

Fonte: Adaptado de Honikel (2004).

Alguns animais apresentam carnes de coloração pálida, macia e exsudativa – situação conhecida como PSE, do inglês *Pale, Soft and Exudative*. Estas características são observadas devido a alta taxa de glicólise anaeróbica acompanhada de temperatura relativamente elevada *post-mortem* e um rápido decréscimo no pH, com ponto final de 5,2 – 5,4. Esta situação ocasiona na desnaturação das proteínas musculares e as carnes apresentam, tipicamente, baixa capacidade de retenção de água e excessivas perdas durante cozimento (GREASER, 2001; KEETON; EDDY, 2004).

As características do tecido animal também são afetadas caso a disponibilidade de glicogênio antes do abate seja baixa, o que ocasionará valores de pH final maior que os observados em carnes normais. Carnes com estas características apresentam coloração escura, superfície seca devido à maior capacidade de retenção de água, menor vida de prateleira e menor aceitação sensorial. Estas condições musculares são conhecidas como DFD, do inglês *Dark, Firm and Dry* (GREASER, 2001; KEETON; EDDY, 2004).

2.4 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA

As propriedades funcionais das proteínas alimentares são definidas como as “propriedades físicas e químicas que afetam o comportamento das proteínas em sistemas alimentares durante o processamento, estocagem, preparação e consumo” (KINSELLA, 1976). As propriedades funcionais incluem as alterações em textura, capacidade de retenção de água, solubilidade, gelatinização, emulsificação, adesão (XIONG, 2004) e, de forma geral, sofrem influência direta das interações de proteínas com a água (ABERLE *et al.*, 2001).

A actina e miosina constituem aproximadamente 22% e 43%, respectivamente, do total de proteínas miofibrilares. Durante o *rigor mortis* essas proteínas se complexam para formar a actomiosina. Estas proteínas são as que mais influenciam na capacidade de retenção de água do tecido muscular, ligação intermolecular em géis e estabilidade mecânica de emulsões (KEETON; EDDY, 2004).

A capacidade de retenção de água, dentre as propriedades funcionais, é uma das mais relevantes para a indústria de carnes (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2002), uma vez que afeta a aparência da carne antes do cozimento, seu comportamento durante o processamento térmico e a suculência durante a mastigação (LAWRIE, 2005). Esta propriedade é definida pela habilidade da carne em reter a sua água durante a aplicação de forças externas tais como corte, aquecimento, moagem ou pressão (ABERLE *et al.*, 2001; BREWER, 2004).

Existem três razões principais relacionadas à importância da capacidade de retenção de água. Primeiro, o gotejamento ou exsudação resultantes de uma baixa capacidade de retenção de água conferem aspecto visualmente negativo ao consumidor; segundo, a perda de água reduz o peso do produto – trazendo perdas econômicas; por fim, a perda de água influencia na percepção de suculência e maciez de carnes *in natura* após o cozimento (WARRISS, 2000; TROY; KERRY, 2010).

A exsudação em carnes, seja durante sua vida de prateleira ou no processo de cozimento, é frequentemente obtida através da Equação 1:

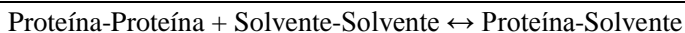
$\text{Perda durante o cozimento \%} = \frac{(\text{peso inicial} - \text{peso final})}{\text{peso inicial}}$

Equação 1

Esta metodologia tem sido extensamente aplicada em avaliações envolvendo processos distintos de armazenamento e tempos de exposição (PIETRASIK; JANZ, 2009), cortes ou grupos musculares (MOLINA *et al.*, 2005), variações de salmouras quanto ao tipo e quantidade de aditivos (SHEARD; TALI, 2004), tecnologia de melhoramento (CROW *et al.*, 2010).

Além dos atributos sensoriais, o impacto econômico desta propriedade funcional é elevado, uma vez que alta capacidade de retenção de água é desejado pois a carne é vendida por peso e qualquer perda por gotejamento reduz o rendimento (LAWRIE, 2005). Ademais, durante a comercialização, a perda de umidade de carnes embaladas apresenta-se como um acúmulo de líquido avermelhado, o qual confere aparência indesejável pelo consumidor e consequente redução de vendas à indústria (OTTO *et al.*, 2004).

A solubilidade das proteínas afeta diretamente suas propriedades funcionais, sendo que, segundo Damodaran (1996), é a manifestação termodinâmica de equilíbrio entre as interações proteína-proteína e proteína solvente, conforme a expressão:



A composição aminoacídica e a sequência peptídica, a conformação espacial da estrutura protéica, o tamanho (massa) e formato das moléculas protéicas, as características de solubilidade, a concentração de proteínas extraídas na fase aquosa, a hidrofobicidade superficial e os tipos de fibras musculares são importantes fatores intrínsecos que influenciam na funcionalidade protéica. Por outro lado, pH, temperatura, taxa de cozimento, grau de cominuição, oxidação,

presença de componentes não protéicos – como lipídios, carboidratos, minerais, ácidos –, e fatores tecnológicos influenciam na estrutura protéica e suas interações são fatores extrínsecos que também afetam a funcionalidade. Desta forma, para obter a qualidade desejada em um produto cárneo, é necessário manter um equilíbrio entre os fatores intrínsecos e extrínsecos (XIONG 2004).

As principais interações que influenciam as características de solubilidade das proteínas são de natureza hidrofóbica e iônica, sendo que as primeiras promovem interação proteína-proteína e resultam em decréscimo da solubilidade; já as últimas introduzem forças repulsivas entre as moléculas de proteína em solução. Com isto, diversos fatores, como pH, força iônica, presença de sais, conformação proteica e temperatura, influenciam na capacidade das proteínas ligarem-se a água (DAMODARAN, 1996).

Observa-se que a carga global das proteínas é dependente do pH, sendo que o aumento deste confere carga negativa às proteínas; já a redução do pH, cargas positivas. A presença destas cargas confere aumento da força iônica das proteínas, de forma a ligar água; contudo, uma vez que há balanço entre as cargas positivas e negativas a capacidade de retenção de água é menor, e o pH onde tal fato ocorre é denominado ponto isoelétrico – conforme a Figura 9 (MILLER, 2004). O ponto isoelétrico do complexo actomiosina ocorre em pH 5,2, onde a maior parte dos grupos COOH estão presentes na forma de ânions COO^- e os grupos NH_2 estão na forma de cátions NH_3^+ e a carga global da proteína é zero. Estes íons positivos e negativos são atraídos entre si e as moléculas de proteína encontram-se intimamente ligadas, resultando em baixa interação com a água. Contudo, acima ou abaixo do pH isoelétrico, devido ao incremento da carga global e forças repulsivas – que aumentam o espaço entre actina e miosina –, há maior incorporação de água (FEINER, 2006).

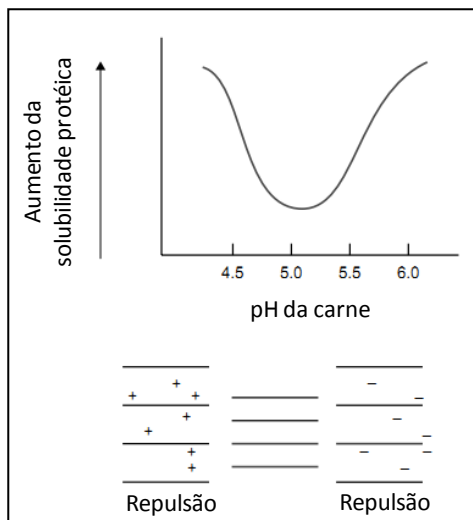


Figura 9 Efeito do pH na solubilidade das proteínas. Fonte: Adaptado de Miller (2004).

Outro fator que influencia a solubilidade proteica é a força iônica, a qual, para uma solução salina, é dada pela Equação 2, onde C_i representa a concentração do íon e Z_i sua valência.

$$\mu = 0,5 \sum C_i Z_i^2$$

Equação 2

Para forças iônicas superiores a 1 os sais apresentam efeitos específicos na solubilidade proteica: sais de sulfato e fluorido diminuem a solubilidade proteica (efeito conhecido como *salting out*), enquanto sais de tiocianato e perclorato aumentam a solubilidade (efeito de *salting in*). Existem algumas regiões no interior da estrutura muscular que podem dar origem ao gotejamento, incluindo: espaço entre as miofibrilas, espaço intracelular entre as miofibrilas e a membrana celular, espaço extracelular – incluindo os espaços entre os feixes musculares (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005).

2.4.1 Mensuração da capacidade de retenção de água

Na indústria de carnes, com o objetivo de reduzir perdas econômicas durante o processamento, bem como destinar produtos com atributos de qualidade constantes ao mercado consumidor, controles de processos e produtos são práticas comuns (ELMASRY; SUN; ALLEN, 2011).

Vários métodos têm sido desenvolvidos para determinar a capacidade de retenção de água (HONIKEL, 1997; BERTRAM; ANDERSEN; KARLSSON, 2001), sendo que o método gravimétrico da bolsa de Honikel, onde uma porção de carne é suspensa por uma rede dentro de uma bolsa plástica durante 48 horas, apresenta aceitação global (HONIKEL, 1998). Outro método bastante aplicado consiste na prensa de uma porção de carne contra papel filtro, de forma a forçar a retirada do líquido e sua absorção por este (KAUFMANN *et al.*, 1986). Ambos os métodos apresentam desvantagens, sendo que a principal do método de Honikel é o tempo que leva para finalizar a análise (72 horas); já a aplicação da técnica do papel filtro expõe a amostra a uma força externa intensa que pode causar dano na microestrutura da carne, bem como é de difícil interpretação (BERTRAM; ANDERSEN; KARLSSON, 2001).

Métodos alternativos baseados em centrifugação têm sido aplicados (ZHANG; MITTAL; BARBUT, 1995; PIETRASIK; JANZ, 2009) de forma a obter mensuração de forma mais precisa (contudo com a mesma desvantagem de expor a amostra à força externa intensa) (BERTRAM; ANDERSEN; KARLSSON, 2001). Outras técnicas em desenvolvimento são a ressonância magnética nuclear (NMR, do inglês *Nuclear Magnetic Resonance*), espectroscopia próximo ao infravermelho (NIR, do inglês *Near Infrared Red*) e ultrassom (BRØNDUM *et al.*, 2000; MICKLANDER *et al.*, 2005; PREVOLNIK; ČANDEK-POTOKAR; ŠKORJANC, 2010; ELMASRY; SUN; ALLEN, 2011).

2.5 CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

Questões sobre como os consumidores definem qualidade e de que forma os atributos de um alimento podem ser mantidos ou favorecidos durante o seu processamento são de particular interesse para

as indústrias do setor (RAMOS; GOMIDE, 2009). No passado a qualidade da carne estava intimamente relacionada à segurança alimentar, aspectos sensoriais e de vida de prateleira; contudo, recentemente, vem sido associada com nutrição, bem estar e saúde (TROY; KERRY, 2010).

A qualidade da carne é definida a partir das características que o consumidor considera desejáveis de encontrar no produto (BECKER, 2000) e a importância de tais atributos é influenciada por preferências regionais e individuais do consumidor (LAWRIE, 2005). No que se refere especificamente à carne suína observou-se, a partir de 1975, grande ênfase nas avaliações e incremento da qualidade da carne, uma vez que alternativas de proteína tornaram-se mais acessíveis – como, por exemplo, as proteínas vegetais (CASSENS, 2000).

Conforme Glitsch (2000), requisitos visuais importantes aos consumidores envolvem coloração e textura da carne, cor, quantidade e distribuição da gordura, ausência de água na embalagem; após tratamento térmico, entretanto, a satisfação do consumidor é determinada a partir da maciez, suculência e sabor da carne. Por exemplo, no estudo de Aaslyng e colaboradores (2007), onde carnes suínas de origens distintas foram submetidas a diferentes modos de preparo e avaliadas sensorialmente, a preferência dos consumidores é por carnes de maior de maciez e suculência.

2.5.1 Coloração

A coloração da carne é de extrema importância para a comercialização deste produto, visto que é o primeiro atributo a ser observado pelo consumidor, que assimila tal coloração às características de frescor e saudabilidade (TROY; KERRY, 2010). Ela é resultado da absorção seletiva dos comprimentos de onda da luz pelas fibras da carne e seus pigmentos naturais, sendo dependente de condições internas e externas, principalmente da quantidade e estado químico dos pigmentos (CORNFORTH, 1994).

Desde 1932, quando Theorell cristalizou o principal pigmento do músculo e demonstrou que a mioglobina não era idêntica à hemoglobina sanguínea, aceita-se que a cor da carne não se deve substancialmente à hemoglobina – a menos que a sangria tenha sido mal

realizada. Diversos fatores influenciam na quantidade de mioglobina no músculo (como espécie, sexo e idade), contudo a maior influência na coloração está relacionada aos estados químicos em que a mioglobina pode ser encontrada (LAWRIE, 2005).

A mioglobina contém uma única cadeia peptídica de 153 aminoácidos de sequência conhecida e um único grupo heme (protoporfirina ferrosa) (NELSON; COX, 2008). A cadeia polipeptídica consiste de oito segmentos helicoidais, representados na Figura 10 com as letras A-H, que circundam o grupo heme (CORNFORTH; JAYASINGH, 2004).

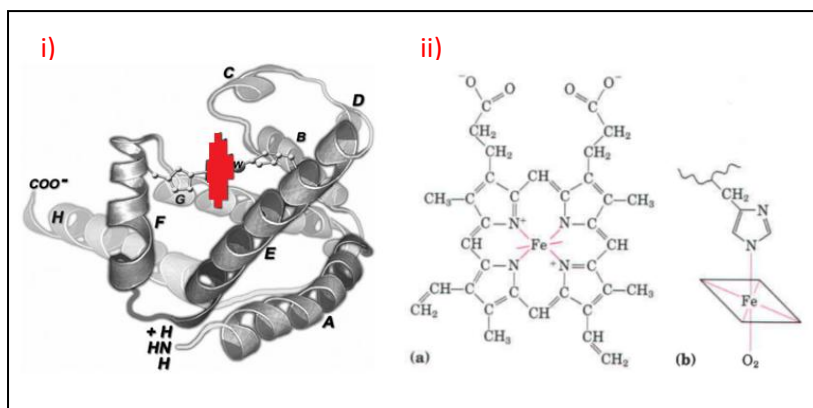


Figura 10 Estrutura molecular da mioglobina. Fonte: Adaptado de Nelson e Cox (2008).

A Figura 10 representam em i) Molécula de mioglobina, onde o grupo heme está destacado em vermelho. ii) Grupo heme, onde (a) demonstra que o grupo consiste de uma complexa estrutura orgânica cíclica (protoporfirina) que se liga a um átomo de ferro no estado ferroso (Fe^{2+}), o qual apresenta seis ligações: 4 estão no mesmo plano e ligadas a molécula de porfirina e as duas restantes estão perpendiculares ao plano; desta últimas, (b) demonstra que uma encontra-se ligada a um resíduo de Histidina e a outra encontra-se livre – permitindo a ligação, por exemplo, de uma molécula de oxigênio. Adaptado de Nelson e Cox (2008).

Alguns dos estados químicos nos quais a mioglobina pode ser encontrada – e apresentar diferentes colorações – estão demonstrados na Tabela 3, sendo que os diferentes pigmentos estão relacionados aos

estados do íon ferro (ferroso [Fe^{2+}] ou férrico [Fe^{3+}]) no grupo Heme e ao grupo ligado à fração livre do grupo heme (LAWRIE, 2005).

Tabela 3 Pigmentos da carne.

Pigmento	Coloração	Formação	Íon ferro (Heme)
Oximioglobina	Vermelho-brilhante	Oxigenação da mioglobina	Fe^{2+}
Metamioglobina	Marrom	Oxidação da mioglobina	Fe^{3+}
Deoximioglobina	Vermelho-púrpura	Deoxigenação da oximioglobina; Redução da metamioglobina	Fe^{2+}
Carboximioglobina	Vermelho-brilhante	Monóxido de carbono complexo	Fe^{2+}

Fonte: Adaptado de Lawrie (2005).

A coloração da carne também é afetada pelo pH, uma vez que este encontra-se intimamente relacionado à suas propriedades funcionais. À medida que o pH aumenta e afasta-se do pI, a proteína cárnea retém mais água em suas cadeias laterais, de forma que quanto maior esta ligação, há menos água disponível para refletir luz, tornando a coloração mais escura. Além disso, o decréscimo do pH favorece a oxidação da mioglobina a metamioglobina, de forma que a coloração da carne apresenta-se mais clara ou com intensidade reduzida (MILLER, 1998).

Segundo Ramos e Gomide (2009), a cor é constituída de três atributos:

- Tonalidade: grandeza que caracteriza a qualidade da cor (azul, verde, vermelho, etc.), permitindo diferenciá-la. Este atributo está relacionado ao comprimento de onda do espectro visível e é representando pelo símbolo h^* ;
- Saturação: indica a proporção em que a cor está misturada com o branco, cinza ou preto, o que descreve a intensidade ou quantidade de uma tonalidade, permitindo diferenciar cores

fortes de fracas – desta forma, as cores que apresenta baixam saturação são chamadas pálidas ou acinzentadas, enquanto o valor alto de saturação indica cores denominadas saturadas. Este atributo é representado pelo símbolo C^* ;

- Luminosidade: os extremos da luminosidade, descrita pelo símbolo L^* , são o preto e o branco. Ela está associada à sensação produzida por uma superfície quando a cor é iluminada por uma luz branca de intensidade constante. Ou seja, a luminosidade caracteriza o grau de claridade da cor, indicando se as cores são claras ou escuras.

Alguns sistemas de cor, como o do pesquisador Albert Munsell e o triângulo de Maxwell, foram base para o desenvolvimento do sistema CIELAB, tido como escala-padrão a ser usada para comunicar e diferenciar cores (AMSA, 1991). A escala CIELAB é derivada da teoria de cores opostas proposta por Richard Hunter (RAMOS; GOMIDE, 2009), sendo considerada mais precisa que sua precursora (BREWER; NOVAKOFSKI; FREISE, 2006).

A escala CIELAB possui escala uniforme onde o valor L^* representa a diferença entre branco e preto; onde um valor de L^* igual a zero representa o preto, enquanto um valor igual a 100 o branco. O valor positivo para a^* , ou a^+ , entre 0 e +50 representa a tonalidade vermelha da amostra, enquanto valores acima de +50 representam vermelho escuro; já o valor negativo para a^* , ou a^- , entre 0 e -50 representa a tonalidade verde, já valores abaixo de -50 é representa verde escuro – conforme ilustrado na Figura 11. Valores positivos e negativos para b^* representam coloração amarela e azul, respectivamente (FEINER, 2006). O método matemático da escala CIELAB permite calcular a diferença total de cor (ΔE^*) entre amostra e o padrão, o índice de saturação (C^*) e o ângulo de tonalidade (h^*) (HUNTERLAB, 2008), seguindo as Equações 3, 4 e 5, respectivamente.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Equação 3

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

Equação 4

$$h^* = \arctan (b^*/a^*)$$

Equação 5

O método CIELAB tem sido extensamente aplicado na avaliação de cor de amostras cárneas para demonstrar variações em parâmetros individuais de L^* , a^* e b^* , em variações global de cor, índice de saturação ou ângulo de tonalidade (HAYES *et al.*, 2006; WICKLUND *et al.*, 2006; KNOCK *et al.*, 2006; PIETRASIK; JANZ, 2009; NAVEENA *et al.*, 2011).

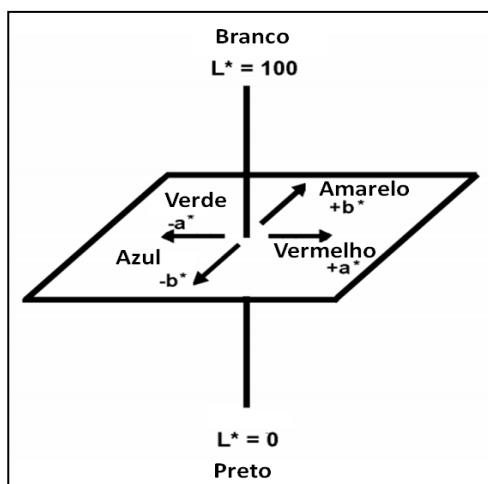


Figura 11 Representação tridimensional do sistema de cor CIELAB. Fonte: adaptado de Hunterlab (2008).

2.5.1.1 Avaliação objetiva da coloração

A avaliação deste atributo pode ser realizada sensorialmente através de análises por observadores treinados e objetivamente, através de métodos analíticos (RAMOS; GOMIDE, 2009). Realizada através de colorímetros ou espectrofotômetros, a avaliação objetiva da cor deve refletir, tanto quanto possível, o exame visual feito pelo homem, auxiliando na avaliação da aceitação da carne pelos consumidores (DAGUER, 2009).

Recentemente utilizado apenas no campo de pesquisa devido seu tamanho e dificuldade no transporte, a tecnologia atual permite o manuseio de espectrofotômetros leves e portáteis; estes equipamentos possuem alta acuracidade e capacidade de medir cores absolutas. Já os colorímetros triestímulos, desenvolvidos especificamente para análise de cor objetiva, possibilitam o uso nas áreas de inspeção e produção de industriais – além disso, o uso na pesquisa é amplo, visto facilidades no manuseio e baixo custo (RAMOS; GOMIDE, 2009).

2.5.2 Maciez da carne

Este atributo sensorial é, essencialmente, determinado pela quantidade e solubilidade do tecido conectivo, encolhimento do sarcômero durante o desenvolvimento do rigor e proteólise das fibras musculares e suas proteínas associadas (KOOHMARAIE *et al.*, 2002; KOOHMARAIE; GEESINK, 2006). Além destes fatores, a gordura intramuscular, bem como a taxa e extensão do metabolismo energético *post-mortem* também estão relacionadas à maciez da carne (THOMPSON *et al.*, 2006), os quais são influenciados direta ou indiretamente pelo genótipo e por questões ambientais antes e durante o abate (WARNER *et al.*, 2010).

Segundo Troy e Kerry (2010), o encolhimento das fibras musculares produz carnes enrijecidas. Isto pode ocorrer devido a variação do pH no início do *post-mortem* ou estar relacionado ao encolhimento induzido pelo frio, onde as interações entre tempo em temperatura podem induzir tal fenômeno. Com a redução da temperatura no interior do músculo, antes do completo estabelecimento do *rigor mortis*, o retículo sarcoplasmático apresenta capacidade reduzida quanto à retenção de cálcio, que por vez acumula-se no

sarcoplasma; por ainda existir ATP, o músculo se contrai excessivamente, provocando a sobreposição dos miofilamentos uns sobre os outros.

Além do grau de encolhimento das fibras musculares, outro determinante na maciez da carne é a extensão da proteólise sob as proteínas estruturais, fato intimamente relacionado à atividade das calpaínas (LAWRIE, 2005). Embora sua atividade específica permaneça incerta, acredita-se que as calpaínas atuam através da degradação de proteínas estruturais da rede do citoesqueleto, tais como titina, nebulina e desmina (TROY; KERRY, 2010). Dentre os sistemas proteolíticos também tem sido investigado as catepsinas lisossomais e o complexo multicatalítico de proteinases (KOOHMARAIE; GEESINK, 2006). Além da proteólise sob as proteínas estruturais, observa-se determinadas mudanças bioquímicas no tecido conjuntivo e no complexo actomiosina (LAWRIE, 2005).

2.5.2.1 Avaliação objetiva da maciez

A maciez é geralmente medida usando-se instrumentos em que uma lâmina é conduzida através de um pedaço de carne crua ou cozida, de dimensões padronizadas. A força máxima necessária para cisalhar a amostra é avaliada e tomada como medida da maciez da carne. Este tipo de teste pode ser realizado a partir do uso de diferentes lâminas e é referido como força de cisalhamento (RAMOS; GOMIDE, 2009).

Dentre estes métodos, observa-se ampla utilização do método Warner-Bratzler (LAWRENCE *et al.*, 2004; MOLINA *et al.*, 2005; HAYES, 2006; PIETRASIK; JANZ, 2009; CROW *et al.*, 2010; NAVEENA *et al.*, 2011). Este método utiliza uma sonda feita de uma fina lâmina de aço de 1,016mm de espessura, com uma fenda em forma de triângulo em sua base, que é conduzida através de uma amostra de carne cilíndrica (RAMOS; GOMIDE, 2009).

2.6 TECNOLOGIA DE MELHORAMENTO (*enhancement*)

A expressão “marinação” se origina de línguas latinas, a qual se refere dessa forma à técnica de embeber carnes em salmouras (DAGUER, 2009). Com o objetivo de melhorar as características da carne, inicialmente o processo era utilizado apenas como prática culinária, contudo, com o desenvolvimento da indústria frigorífica, a prática da marinação passou a ser amplamente adotada (GAULT, 1985), fazendo com que a comercialização da carne *in natura* gradativamente venha cedendo lugar às carnes adicionadas de soluções, gerando produtos semi-preparados (WRIGHT *et al.*, 2005; XIONG, 2005).

A indústria frigorífica continuamente busca tecnologias que melhoram os fatores associados à intenção de compra e à palatabilidade, sendo que uma destas é denominada *enhancement* (melhoramento) – a qual é bastante semelhante à marinação (HARADA, 2004). Esta tecnologia consiste em se injetar na carne fresca uma solução para aumentar a retenção dos fluidos pela carne e incrementar atributos sensoriais, porém não são agregados condimentos ou flavorizantes, de forma que basicamente consiste na adição de cloreto de sódio e fosfatos (BRASHEAR *et al.*, 2002).

Nos Estados Unidos, por exemplo, mais de 60% da carne suína é comercializada na forma de produtos submetidos à tecnologia de melhoramento, onde geralmente emprega-se soluções compostas de 90% de água, 6% de sal e 4% de tripolifosfato de sódio (LYON; SMITH; SAVAG, 2005). Na Noruega o aumento potencial pela demanda de carnes suínas marinadas/injetadas é de 10-15% anual (SCHIRMER; HEIR; LANGRUD, 2009); já na Finlândia estima-se que cerca de 80% da carne de frango vendida no mercado varejista encontra-se na forma de produtos marinados (BJÖRKROTH, 2005).

O impacto desta tecnologia na aceitação de carnes tem sido investigado por muitos grupos de trabalhos, como por exemplo, Wright e colaboradores (2005), que classificaram porções de lombo em três categorias quanto à qualidade – “alta”, “média” e “baixa”; considerando aspectos de coloração, suculência e maciez, os lombos submetidos ao processo de *enhancement* apresentaram melhores atributos sensoriais quando comparados à amostras não tratadas.

2.6.1 Ingredientes

A escolha de um ingrediente adicionado a um produto cárneo está baseada nas funções que este desempenhará no alimento como, por exemplo, aumento da vida de prateleira, redução da perda por exsudação, melhora no sabor, coloração e suculência, redução de custo, dentre outros (MILLS, 2004).

Em carnes sem adição de cloreto de sódio a miosina apresenta funcionalidade limitada, pois se encontra firmemente ligada umas às outras formando os filamentos espessos das miofibrilas, de forma que o seu desprendimento e/ou reorganização da matriz celular é necessária para ativar seu papel funcional no alimento (SHEN; SWARTZ, 2010). Desta forma, o cloreto de sódio e os fosfatos são utilizados extensamente nas formulações de produtos cárneos industrializados para aumentar a capacidade de retenção de água (OFFER; TRINICK, 1983), sendo que os principais fosfatos utilizados em salmouras são o tripolifosfato de sódio e pirofosfato de sódio (UTTARO; AALHUS, 2007). Uma vez que estes ingredientes influenciam diretamente na matriz das miofibrilas, unidade estrutural responsável pela retenção de água na carne (HAMM, 1986), destaca-se sua importância em produtos cárneos injetados (XIONG, 2005).

A penetração da salmoura na carne é controlada por fatores osmóticos, sendo que em um primeiro momento há um fluxo de água saindo da carne, uma vez que a salmoura apresenta maior pressão osmótica devido seu elevado teor de cloreto de sódio. Em seguida, a medida que o cloreto de sódio penetra na carne por difusão, a diferença de pressão osmótica favorece o fluxo de água para o interior da carne (WARRISS, 2000). Este assunto tem sido pesquisado por diversos autores, os quais desenvolveram modelos para coeficientes de difusão de cloreto de sódio em carne (GUIHENEUF; GIBBS; HALL, 1997; GRAIVER *et al.*, 2006; HANSEN *et al.*, 2008; ALIÑO *et al.*, 2010).

Os ingredientes da salmoura devem estar presentes em concentrações específicas para atender o nível de injeção desejado e as características de funcionalidade para o produto cárneo (FEINER, 2006). A fórmula básica para calcular o percentual de ingredientes na salmoura está demonstrada na Equação 6, onde:

- CS= concentração de ingrediente na salmoura, expresso em percentual;
- CP= concentração de ingrediente no produto, expresso em percentual;
- P= peso do produto acabado, expresso em percentual sob o peso inicial;
- I= teor de injeção, expresso em percentual.

$$CS\% = \frac{CP\% \times P\%}{I\%}$$

Equação 6

2.6.1.1 Cloreto de sódio

O sal, ou cloreto de sódio, é o mais antigo e importante ingrediente alimentar na industrialização de produtos cárneos; constituído por 39,3% de sódio e 60,7% de cloro, alguns países o consideram um alimento e não um aditivo (FEINER, 2006). É o ingrediente funcional mais comumente utilizado na industrialização de carnes, sendo utilizado principalmente para conferir sabor e inibição microbiológica, a qual está relacionada à redução da atividade de água, e secundariamente para aumentar a capacidade de hidratação das proteínas, uma vez que aumenta a força iônica (MILLS, 2004). Uma concentração de 0,8 a 1 M (4,6-5,8%) de cloreto de sódio confere máxima capacidade de retenção de água, embora concentrações inferiores são mais frequentemente utilizadas no processamento industrial (OFFER, TRINICK, 1983).

Em baixas concentrações a adição de cloreto de sódio provoca o incremento da capacidade de retenção de água das proteínas miofibrilares, uma vez que aumenta a força iônica do meio, permitindo absorção de água e solubilização (*salting in*). Contudo, à medida que a concentração salina é elevada, além de certo limite, as proteínas tendem a precipitar (*salting out*), de forma que os íons passam a competir pela água com as moléculas de proteína, reduzindo sua hidratação e permitindo maior atração entre as moléculas de água (DAMODARAN, 1996). A exemplo, Graiver e colaboradores (2006) demonstraram

através de microscopia eletrônica que a carne tratada com soluções de diferentes concentrações de sal apresentam importantes modificações, conforme ilustrado na Figura 12; onde a soluções entre 5 – 200 g/L o tecido retém água – sendo que a quantidade máxima é observada a 70 – 100 g/L –, e acima de 220 g/L a capacidade de retenção de água é reduzida.

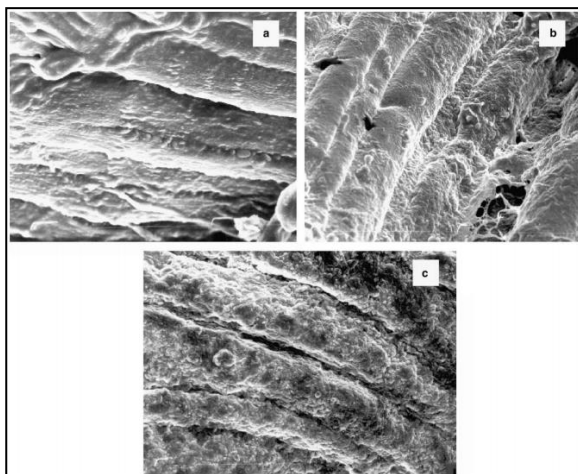


Figura 12 Micrografias eletrônicas de tecido suíno submetidos à soluções de NaCl; (a) amostra tratada com NaCl 5 g/L; (b) NaCl 140 g/L, (c) NaCl 330 g/L. Fonte: adaptado de Graiver e colaboradores (2006).

O propósito para a adição de sal, sob o aspecto das miofibrilas, é que o íon cloreto, originado da dissociação do cloreto de sódio, liga-se aos miofilamentos delgados e espessos, criando uma área superficial de cargas semelhantes, ocasionando a repulsão de regiões adjacentes (repulsão eletrostática), favorecendo a expansão da miofibrila e maior capacidade de retenção de água, conforme demonstrado na Figura 13 (OFFER; TRINICK, 1983).

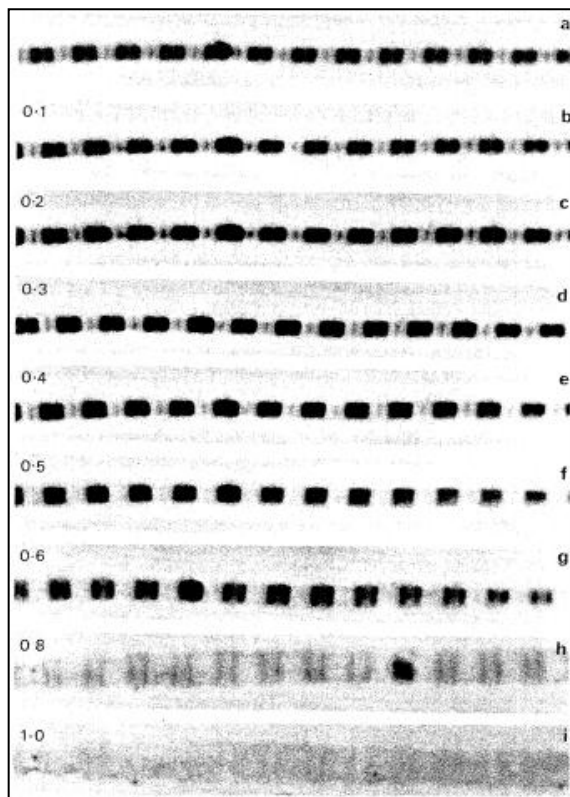


Figura 13 Intumescimento de miofibrilas em concentrações de cloreto de sódio. Imagem ampliada 4000x. Fonte: adaptado de Offer e Trinick (1983).

A Figura 13 demonstra uma miofibrila em solução tampão (0,1 M KCl, 2mM $MgCl_2$, 1 mM EDTA, 0,5 mM ditioneitol, 10 mM de tampão fosfato, pH 7,0); no centro de cada Banda-A escura encontra-se a Zona-H clara e cada Linha-I é dividida por Discos-Z escuros. Quando o meio é alterado para 0,1 M, 1 mM $MgCl_2$, 10 mM de acetato de sódio, pH 5,5, a miofibrila apresenta redução no diâmetro (Figura 13b). Quando a miofibrila é enxaguada por 3 minutos com a mesma solução apresentando concentrações crescentes de cloreto de sódio poucas variações são observadas no diâmetro e padrão das bandas até concentrações de 0,5 M de NaCl. À 6 M de NaCl (Figura 13g), entretanto, observa-se aumento considerável no diâmetro da miofibrila,

nas Banda-A e Banda-I, e a Linha-Z já não se encontra mais visível. Em concentração de 0,8 M de NaCl (Figura 13h) o intumescimento e o espaço no centro da Banda-A são aumentados; já à 1 M (Figura 13h) toda a Banda-A está extraída e a estrutura remanescente consiste de filamentos da Banda-I (OFFER; TRINICK, 1983).

A relação entre força iônica (μ) e a solubilidade de proteínas miofibrilares está ilustrada na Figura 14. Quando carnes cominuídas são lavadas extensivamente para a remoção da maioria dos íons pelo efeito da diluição, uma grande carga superficial é estabelecida – fenômeno atribuído principalmente pela ionização das cadeias laterais das proteínas. A solubilidade atinge valores mínimos à força iônica na faixa de 0,03-0,2, onde as cargas elétricas superficiais encontram-se bloqueadas por íons circundantes (ao exemplo, Na^+ e Cl^-). À medida que a força iônica aumenta as proteínas miofibrilares votam a apresentar maior solubilidade, de forma a reduzir a interação proteína-proteína (XIONG, 2004). Ou seja, com a solubilização das proteínas miofibrilares na presença de sal as propriedades funcionais, a exemplo da capacidade de retenção de água, apresentam-se pronunciadas (FEINER, 2006).

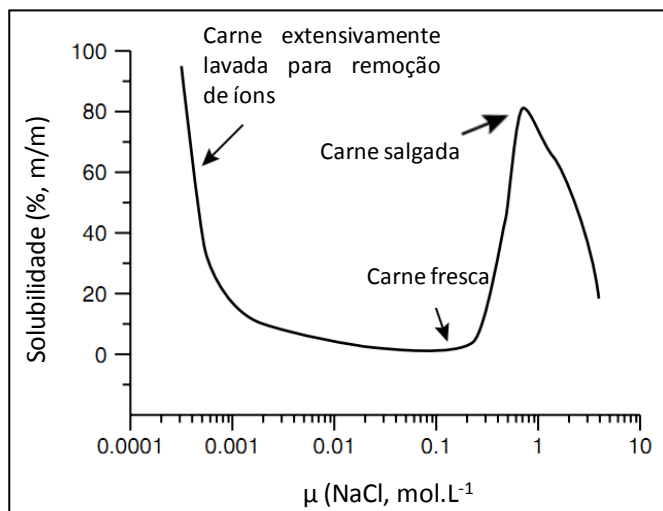


Figura 14 Representação esquemática da relação entre força iônica e solubilidade das miofibrilas. Fonte: adaptado de Xiong (2004).

Outro fator relacionado à funcionalidade do cloreto de sódio está associado à substituição de cátions divalentes naturalmente presente na carne pelo Na^+ . Os espaços localizados entre as proteínas miofibrilares – que variam de 320 a 570 Å dependendo do pH, força iônica, pressão osmótica e tamanho do sarcômero – são as principais regiões responsáveis pela retenção de água, a qual ocorre através de forças capilares. Cátions divalentes naturalmente observados na carne, a exemplo de Ca^{2+} e Mg^{2+} , combinam-se com dois grupos de proteínas miofibrilares carregados negativamente, de forma a diminuir a distância entre elas, conforme ilustrado na Figura 15, e consequentemente reduzem a capacidade de retenção de água. A substituição de cátion divalentes por monovalentes (como o Na^+) reduz significativamente este efeito (BREWER, 2004).

Além do efeito do sal na despolimerização dos filamentos de actomiosina, a presença de NaCl em elevadas concentrações reduz o ponto isoeletrico da miosina, de forma a possibilitar aumento de forças eletrostáticas mesmo quando a carne encontra-se em seu pH normal (XIONG, 2004).

de músculos íntegros ou cominuídos, submetidos ou não à cura (IOCCA, 2009). Atualmente os fosfatos são comumente utilizados na industrialização de carnes para aumentar o pH e melhorar atributos de qualidade (STEPHENS, 2006).

Os fosfatos são sais do ácido fosfórico e são extensamente empregados na indústria da carne. Estes sais são compostos de um íon metálico com carga positiva e um íon fosfato carregado negativamente, proveniente do correspondente ácido a partir da retirada de um H^+ ; por exemplo, em solução, o tripolifosfato de sódio dissolve-se em Na^+ e PO_4^- (FEINER, 2006).

Dependendo do número de átomos de fósforo, os compostos seguem a seguinte nomenclatura (HOURANT, 2004):

- 1 átomo de fósforo: ortofosfato;
- 2 átomos de fósforo: pirofosfato ou difosfato;
- 3 átomos de fósforo: tripolifosfato;
- mais de 3 átomos de fósforo: polifosfato.

Além do comprimento da cadeia, o pH em solução define as principais características destes aditivos: capacidade tamponante, poder sequestrante, solubilidade em água e capacidade de ativação proteica (HOURANT, 2004). Conforme a Figura 16, fosfatos de cadeia longa apresentam maior solubilidade em água e capacidade de ligação a íons, difosfatos demonstram ativação proteica superior aos demais e os monofosfatos apresentam maior capacidade tamponante (TROUT; SCHMIDT, 1984; FEINER, 2006).

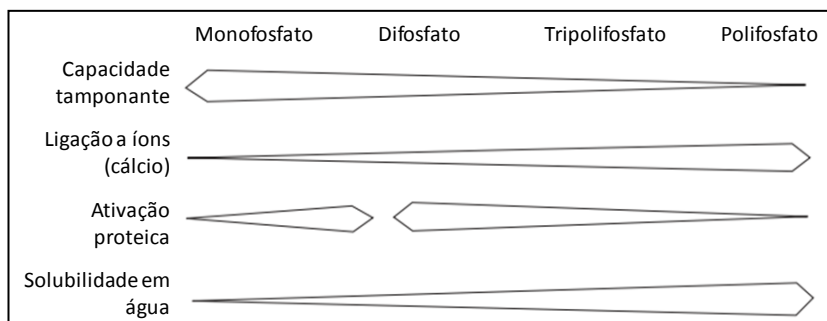


Figura 16 Propriedade de diferentes fosfatos. Fonte: adaptado de Feiner (2006).

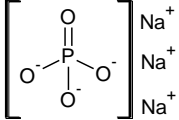
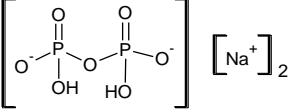
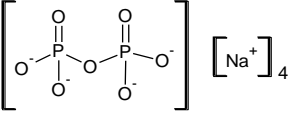
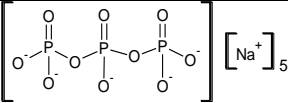
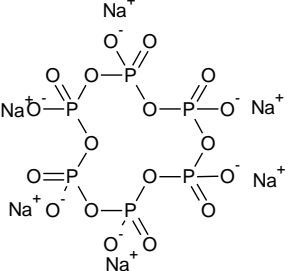
A forma mais comum de obtenção de monofosfatos é a partir da neutralização do ácido fosfórico de grau alimentício com um álcali. As etapas seguintes de manufatura envolvem a polimerização através de condensação a elevadas temperaturas, onde a fusão de monofosfatos origina os difosfatos, que apresentam dois átomos de fósforo na molécula. No caso da adição de outro monofosfato obtém-se o tripolifosfato, e assim por diante (FEINER, 2006).

Observa-se, atualmente, a comercialização de misturas de fosfatos, as quais apresentam composições variáveis dependendo de sua aplicação e são caracterizadas essencialmente pelo conteúdo de anidrido fosfórico (P_2O_5) e pH em solução aquosa (IOCCA, 2009). Os principais fosfatos utilizados na industrialização de carnes, bem como sua nomenclatura, teores de anidrido fosfórico, solubilidade e fórmula química são apresentados na Tabela 4.

Os sais de sódio de diversos fosfatos são reconhecidos por aumentar a capacidade de retenção de água e promover o intumescimento da carne, de forma a reduzir as perdas por gotejamento e cozimento, sendo tais capacidades relacionadas aos seus efeitos sob o pH. Fosfatos comerciais geralmente apresentam soluções com pH entre 9 e 10, possibilitando o aumento do pH da carne acima do pI (muito embora este seja minimizado pela capacidade tamponante da carne), aumento das cargas negativas nas proteínas miofibrilares e consequente repulsão das mesmas (BREWER, 2004), o que gera maior espaço para retenção de água entre actina e miosina (FEINER, 2006).

Além do efeito de aumento de pH, o aumento da capacidade de retenção de água dos fosfatos está relacionada ao incremento da força iônica e a presença de pirofosfato. Uma vez que os fosfatos inorgânicos de baixo peso molecular podem reagir diretamente com a actomiosina, efeito relacionado à hidrólise de tais fosfatos à pirofosfato – pela enzima endógena ATPase –, observa-se que o tripolifosfato de sódio apresenta efeito semelhante ao pirofosfato ácido; já fosfatos de estrutura cíclica geralmente apresentam menor eficiência na extração proteica que fosfatos de cadeia curta (BREWER, 2004). O efeito da ATPase no metabolismo de tripolifosfato à pirofosfato e monofosfato não está completamente caracterizado, embora seja constantemente pesquisado (YAMAZAKI; SHEN; SWARTZ, 2010).

Tabela 4 Características dos principais fosfatos utilizados na indústria de carnes.

Nome	% P ₂ O ₅	pH 1%	Fórmula estrutural
Fosfato trissódico anidro Fosfato de sódio tribásico	41,7	12,1	
Pirofosfato ácido de sódio Pirofosfato dissódico Pirofosfato dihidrogênio dissódico	64	4,1	
Pirofosfato tetrassódico Tetrapirofosfato de sódio	53,4	10,5	
Tripolifosfato de sódio Tripolifosfato pentassódico	57,9	10,1	
Hexametafosfato de sódio	68,5	6,6	

A ação particular dos fosfatos na despolimerização das ligações cruzadas entre actina e miosina, formadas durante a etapa de *rigor mortis*, justifica sua extensa aplicação na indústria cárnea. O efeito específico destes ingredientes resulta da ligação dos ânions fosfato aos cátions Mg²⁺ e Ca²⁺ (FEINER, 2006), os quais são encontrados naturalmente na carne. O efeito destes cátions divalentes fora exposto anteriormente (Figura 15), sendo que a complexação destes com os polifosfatos ocasiona o rompimento de algumas destas pontes, de forma

a proporcionar aumento na capacidade de retenção de água na carne (SHULTZ *et al.*, 1972).

Os fatores que afetam a perda por exsudação da carne não-cozida também se aplicam à capacidade de retenção de água na carne cozida, sendo mantidas as diferenças relativas no aquecimento, e, neste último caso, as perdas são superiores em virtude da desnaturação proteica (LAWRIE, 2005).

Além de atuar nas propriedades funcionais da carne, outras características são atribuídas aos fosfatos. Os polifosfatos, a exemplo do tripolifosfato de sódio, são excelentes quelantes de metais e inibidores da oxidação lipídica; entretanto, quando adicionados à carne *in natura* são inefetivos devido à rápida hidrólise à monofosfatos pelas fosfatases endógenas (LEE; HENDRICKS; CORNFORTH, 1998).

2.6.1.3 Efeito sinérgico de cloreto de sódio e fosfato

Os fosfatos, por si só, não ativam as proteínas de forma considerável, visto que sua função concentra-se na dissociação do complexo da actomiosina (FEINER, 2006); contudo, há um grande efeito sinérgico entre cloreto de sódio e fosfatos na ativação de proteínas da carne no *post-rigor* (OFFER; TRINICK, 1983; TROUT; SCHMIDT, 1987; SHEN; SWARTZ, 2010).

Na ausência de pirofosfato a extração das proteínas miofibrilares inicia-se a partir do centro das Bandas-A; quando adicionado às fibras musculares a extração proteica ocorre, simultaneamente, a partir de ambas as extremidades da Banda – conforme Figura 17. Notadamente observa-se o intumescimento das fibras musculares a partir de concentrações de cloreto de sódio acima de $0,6 \text{ mol.L}^{-1}$; contudo, na presença de fosfatos, a mesma observação é possível em concentrações inferiores de sal. Pelo fato de promover a dissociação do complexo da actomiosina considera-se que o pirofosfato atua de forma semelhante ao ATP, permitindo a separação dos miofilamentos delgados e grossos (OFFER; TRINICK, 1983; OFFER; KNIGHT, 1988; XIONG, 2004).

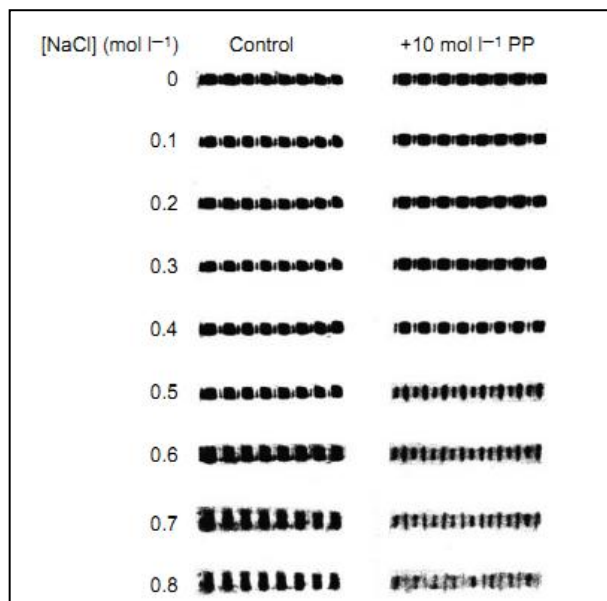


Figura 17 Mudanças estruturais em miofibrilas de frango irrigadas com solução de NaCl na presença e ausência de pirofosfato de sódio à pH 6,0. Fonte: adaptado de Xiong (2004).

Segundo Brewer (2004), a ação sinérgica de sal e fosfato pode ser resumida da seguinte forma: o NaCl é um sal neutro, sendo que o primeiro efeito na célula muscular é osmótico. Como a integridade da membrana é destruída, sua semipermeabilidade é perdida e o sal migra para o interior das fibras. Quando o NaCl é aplicado à carne sob pH de 5,3-5,7, ou seja, acima do pI da actomiosina, ocorre ligação do Cl⁻ às cadeias laterais carregadas positivamente, de forma a expor as cargas positivas da proteína e permitir o desdobramento das fibras, resultando em maior hidratação. Na ausência de ATP na carne, a actomiosina consegue separar-se apenas a valores de pH inferiores a 1,0 ou superiores a 7,0; entretanto, a adição de pirofosfato ácido de sódio em água, por exemplo, gera o cátion sódio e o ânion fosfato, de forma que estes íons de carga negativa eliminam os metais alcalinos terrosos ligados à estrutura proteica (ilustrado na Figura 15), aumentando a capacidade de retenção de água em pH acima do pI, uma vez que separa a actina e a miosina.

2.6.1.4 Regulamentação

Os fosfatos são considerados aditivos, e desta forma são ingredientes utilizados durante a industrialização dos alimentos com o objetivo de aumentar, restaurar ou melhorar características de sabor, coloração, textura e vida de prateleira dos produtos. Embora a saudabilidade dos aditivos sejam constantemente questionada pela sociedade, estes ingredientes são umas das substâncias mais pesquisadas no mundo e, antes de terem seu uso permitido, devem atender a três requisitos básicos (FEINER, 2006).

1. Devem ser necessários à qualidade do produto (necessidade tecnológica);
2. Não devem causar danos a saúde humana;
3. Não devem induzir o cliente ao erro.

A regulamentação sob os ingredientes funcionais varia ao redor do mundo, sendo que ingredientes que conferem sabor ou propriedades visuais, tais como cloreto de sódio e especiarias, são frequentemente considerados como auto-limitantes e sem restrições legais; contudo, determinados ingredientes que podem ser usados imprópriamente para lesar o consumidor possuem regulamentação específica, como por exemplo os fosfatos que contribuem para aumentar a capacidade de retenção de água (MILLS, 2004).

Nos Estados Unidos da América, diferentes fosfatos, utilizados individualmente ou em combinações, em um nível inferior a 0,5% de peso do produto final, são comumente utilizados em carnes processadas (SHAHIDI; SAMARANAYAKA, 2004), de forma a seguir a legislação local (ESTADOS UNIDOS, 2011). Entretanto, a utilização de fosfatos em alguns países da União Europeia são mais restritos ou até mesmo banidos (XIONG, 2004).

No Brasil, as principais legislações que regem a utilização dos aditivos alimentares são a Portaria nº 1.004 de 11 de dezembro de 1998 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 1999a) e a Instrução Normativa nº 51, de 29 de dezembro de 2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2007). A aplicação de tripolifosfato de sódio, especificamente, está regulamentada pela Resolução nº 179 de 17 de outubro de 2001, a qual complementa a Portaria nº 1.004 (BRASIL, 2001).

A Portaria da ANVISA e a Instrução Normativa do MAPA classificam os aditivos alimentares quanto à função e limites máximos de uso na categoria de carnes e alimentos cárneos. Estas legislações classificam os fosfatos como estabilizantes e limitam seu uso máximo em 0,5 g/100g, descontando a quantidade de fosfato naturalmente presente na carne. A Tabela 5 demonstra os fosfatos e seus respectivos números no Sistema Internacional de Numeração (INS, do inglês *International Numbering System*) (BRASIL, 1999a; BRASIL, 2007).

Tabela 5 Sistema Internacional de Numeração para os diferentes fosfatos utilizados como estabilizantes em produtos cárneos, de acordo com a Portaria nº 1.004 de 11 de dezembro de 1998 e Instrução Normativa nº 51, de 29 de dezembro de 2006.

Número INS	Nome
339i	Fosfato monossódico, fosfato de sódio monobásico, monossódio dihidrogênio monofosfato, ortofosfato de sódio
339ii	Fosfato dissódico, fosfato de sódio dibásico, dissódio hidrogênio monofosfato,
339iii	Fosfato trissódico, fosfato de sódio tribásico, trissódio monofosfato,
340i	Fosfato monopotássico, monofosfato monopotássico
340ii	Fosfato Hidrogênio dipotássico, monofosfato dipotássico
450i	Difosfato dihidrogênio dissódico, difosfato de sódio, pirofosfato dissódico
450ii	Difosfato trissódico
450iii	Difosfato tetrassódico, pirofosfato tetrassódico
450 v	Difosfato tetrapotássico, pirofosfato tetrapotássico
451ii	Trifosfato pentapotássico, tripolifosfato de potássio, trifosfato de potássio
452i	Hexametafosfato de Sódio, polifosfato de sódio
452ii	Polifosfato de potássio

Nos Estados Unidos da América, onde o percentual de salmoura adicionadas em carnes melhoradas é geralmente de 7 a 15% sob o peso

inicial da matéria-prima, o Departamento de Agricultura (USDA, *United States Department of Agriculture*), Serviço de Inspeção e Sanidade Alimentar (FSIS, *Food Safety and Inspection Service*), determina que nos casos de extensões superiores a 10% o rótulo do produto deve especificar o percentual de ingredientes adicionados através da expressão “contém mais de (índice de adição)% de solução”, bem como a lista de ingredientes na forma decrescente. Caso a extensão seja inferior a 10% de salmoura o rótulo deve constar a lista de ingredientes e a expressão “marinado” (MILLER, 1998).

No Brasil, entretanto, observa-se legislação específica apenas para limites de adição de salmouras em aves especiais inteiras, permitindo 25% em perus e 20% para demais aves (frango, pato, marreco, dentre outros), de forma que a rotulagem deve conter, obrigatoriamente, o teor de salmoura temperada adicionada (BRASIL, 2003). Já para cortes, seja de aves ou de outras espécies, a regulamentação aplicada permite a inclusão de até 3% de água em produtos não submetidos à cozimento e 10% em produtos cozidos (BRASIL, 1952).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para o presente estudo, lombos suínos foram injetados com 18% de salmoura, de forma a proporcionar 1,2% de cloreto de sódio e 0,4% de fosfatos adicionados no produto acabado. A partir da avaliação de rótulos de produtos comercializados no Brasil e no exterior, bem como a extensa avaliação do comportamento de difosfatos e tripolifosfatos pela comunidade acadêmica, a composição das salmouras considerou tais fosfatos como componentes prioritários dentre os aditivos utilizados, sendo que os difosfatos utilizados nos tratamentos foram o pirofosfato ácido de sódio e pirofosfato tetrassódico. Estes aditivos foram combinados com fosfato trissódico e hexametáfosfato de sódio, conforme fluxograma ilustrado na Figura 18. O teor de injeção e a quantidade de sal adicionado permaneceram constantes durante os tratamentos e o cálculo para elaboração das salmouras seguiu a Equação 6.

Conforme a Figura 18, partindo-se do tratamento inicial com difosfato e teor de 0,4% no produto final, seguiu-se com o fracionamento do total de fosfato adicionado com a inclusão de 0,1% de monofosfato (Figura 18a) e 0,1% de polifosfato (Figura 18b); também foi realizado um tratamento com a mistura de difosfato, monofosfato e polifosfato (Figura 18c) e o último tratamento com a presença dos 4 fosfatos (Figura 18d). O mesmo foi realizado com o pirofosfato ácido de sódio e tripolifosfato de sódio como componentes majoritários.

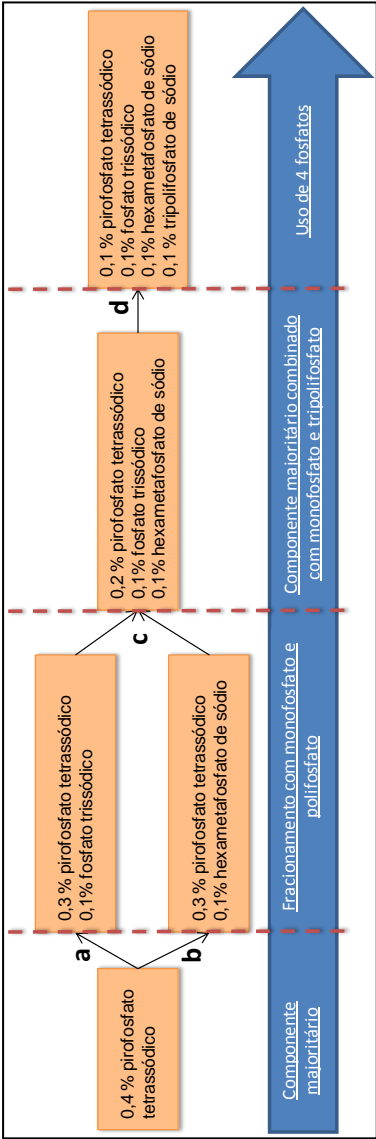


Figura 18 Fluxograma proposto para os tratamentos experimentais.

3.1.1 Análise prévia

Antes da realização dos tratamentos propriamente ditos, realizou-se uma avaliação do pH de salmouras, as quais seguiram o delineamento proposto na Figura 18 e composição demonstrada na Tabela 6, gerando 15 tratamentos distintos. Os resultados de pH destas salmouras encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 Percentual de ingredientes em salmoura.

	Ingrediente						
	TSP	TSPP	SAPP	STPP	SHMP	NaCl	Água
Tratamento	1	2,62				7,87	89,51
	2	0,65	1,97			7,87	89,51
	3		1,97		0,65	7,87	89,51
	4	0,65	1,31		0,65	7,87	89,51
	5			2,62		7,87	89,51
	6	0,65		1,97		7,87	89,51
	7			1,97	0,65	7,87	89,51
	8	0,65		1,31	0,65	7,87	89,51
	9	0,65	0,65	0,65	0,65	7,87	89,51
	10	2,62				7,87	89,51
	11				2,62	7,87	89,51
	12		2,62			7,87	89,51
	13	0,65	1,97			7,87	89,51
	14		1,97		0,65	7,87	89,51
	15	0,65	1,31		0,65	7,87	89,51

TSP= Fosfato Trissódico, TSPP= Pirofosfato Tetraassódico, SAPP= Pirofosfato ácido de sódio, STPP= Tripolifosfato de Sódio, SHMP= Hexametafosfato de sódio, NaCl= Cloreto de Sódio.

Tabela 7 Resultados de pH de salmouras obtidos durante a análise prévia.

		Leituras de pH				
		1	2	3	Média	DP
Tratamento	1	9,2	9,0	9,0	9,1	0,1
	2	11,4	11,4	11,3	11,4	0,1
	3	7,6	7,7	7,8	7,7	0,1
	4	10,6	10,9	10,9	10,8	0,2
	5	7,3	7,7	7,8	7,6	0,3
	6	10,6	11,2	11,2	11,0	0,4
	7	6,8	7,2	7,3	7,1	0,2
	8	11,1	10,9	10,9	11,0	0,1
	9	11,1	11,0	11,0	11,0	0,0
	10	12,0	11,9	11,9	11,9	0,0
	11	4,4	4,4	4,5	4,4	0,1
	12	3,1	3,1	3,2	3,1	0,0
	13	3,1	3,1	3,2	3,1	0,0
	14	3,3	3,4	3,4	3,4	0,0
	15	5,2	5,3	5,2	5,3	0,1

DP= desvio padrão.

Conforme a Tabela 7, o pH de salmouras com presença de pirofosfato ácido de sódio foi entre $3,1 \pm 0,0$ e $5,3 \pm 0,1$, os quais encontram-se abaixo – ou muito próximos, como o tratamento 15 – do ponto isoelétrico da actomiosina (FEINER, 2006). Esta observação confirma os dados apresentados na Tabela 4, onde uma solução a 1% apresenta pH igual a 4,1, influenciando diretamente da redução do pH quando presente em salmouras.

3.1.2 Tratamentos adotados

A partir da análise prévia e dos resultados da Tabela 7 foi possível eliminar os tratamentos que continham o pirofosfato ácido de sódio, uma vez que influenciaria negativamente na capacidade de retenção de água da carne em virtude do baixo pH apresentado nas salmouras em que estava presente.

Com isto, o presente trabalho aplicou os tratamentos demonstrados na Tabela 8, onde, além da aplicação de salmouras com sal e fosfatos, amostras controle (sem injeção) e também sem fosfato foram elaboradas. Com exceção do tratamento Controle, todos foram compostos por 1,2% de cloreto de sódio no produto final e 18% de salmoura injetada.

Tabela 8 Tratamentos e ingredientes associados.

Tratamento	TSP	TSPP	STPP	SHMP	Nomenclatura do tratamento
1		0,4			4TSPP
2	0,1	0,3			3TSPP/1TSP
3		0,3		0,1	3TSPP/1SHMP
4	0,1	0,2		0,1	2TSPP/1TSP/1SHMP
5			0,4		4STPP
6	0,1		0,3		3STPP/1TSP
7			0,3	0,1	3STPP/1SHMP
8	0,1		0,2	0,1	2STPP/1TSP/1SHMP
9	0,1	0,1	0,1	0,1	1TSP/1TSPP/ 1STPP/1SHMP
10	0,4				4TSP
11				0,4	4SHMP
12					1,2NaCl
13					Controle

TSP= Fosfato Trissódico, TSPP= Pirofosfato Tetrassódico, STPP= Tripolifosfato de Sódio, SHMP= Hexametáfosfato de sódio.

3.1.3 Procedimentos de preparo de amostras

Após o preparo das salmouras, 3 lombos foram submetidos aleatoriamente a cada tratamento; na sequência os lombos foram cortados em postas, de forma que estas foram destinadas, de forma casualizada, à análises específicas, conforme ilustrado no fluxograma da Figura 19.

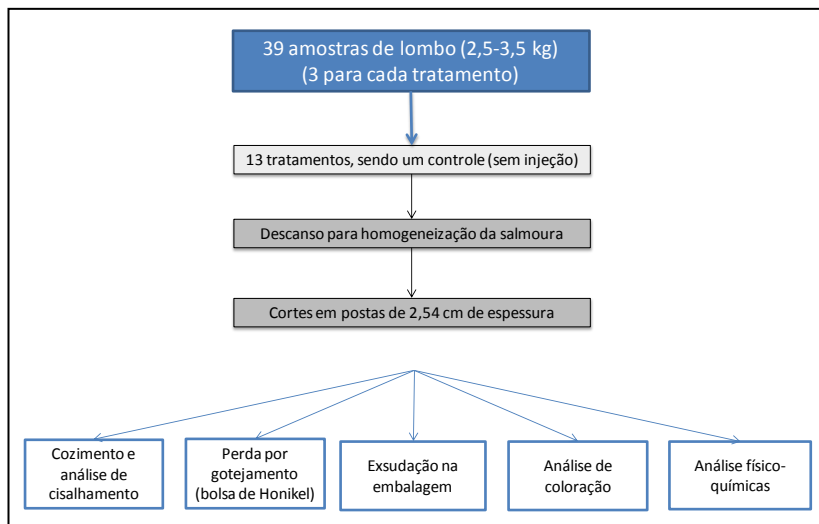


Figura 19 Fluxograma do procedimento de elaboração e separação das amostras.

3.2 PREPARO DAS AMOSTRAS

3.2.1 Matéria-prima cárnea

As amostras de lombo suíno (*M. longissimus dorsi*) foram obtidas em abatedouro suíno sob Serviço de Inspeção Federal, 24 horas *post-mortem*, sem que se fizesse distinção de sexo e lado da meia-carcaça. Os suínos foram submetidos aos mesmos processos de criação, alimentação e transporte e possuíam 90 dias de vida e peso vivo de 125 a 135 kg no momento do abate, o qual se procedeu seguindo as normas estabelecidas na Portaria nº 711 de 01 de novembro de 1995, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1995).

Após o esposteamento da carcaça e retirada do lombo, os cortes foram padronizados manualmente quanto ao teor de gordura superficial (conforme Figura 20) e peso, possibilitando trabalhar com amostras pesando entre 2,5-3,0 kg. O processo de padronização dos cortes foi realizado em planta piloto, seguindo as boas práticas de fabricação.



Figura 20 Amostra de lombo padronizado.

3.2.2 Preparo de salmouras

As salmouras foram preparadas de forma que o percentual de fosfato adicionado no produto final seja igual a 0,4% e 1,2% de cloreto de sódio, quando injetado 18% de salmoura sob o peso do produto inicial; com isso, o cálculo para elaboração das salmouras seguiu a Equação 6 e os tratamentos demonstrados na Tabela 8.

Os ingredientes utilizados foram: cloreto de sódio (NaCl , Romani, Paranaguá, Brasil), fosfato trissódico (Na_3PO_4 , INS 339iii, ICL Performance Products – Brasil Ltda, São Bernardo do Campo, Brasil), pirofosfato tetrassódico ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, INS 450iii, ICL Performance Products – Brasil Ltda, São Bernardo do Campo, Brasil), pirofosfato ácido de sódio ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$, INS450i, ICL Performance Products – Brasil Ltda, São Bernardo do Campo, Brasil), tripolifosfato de sódio ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, INS 451i, ICL Performance Products – Brasil Ltda, São Bernardo do Campo, Brasil) e hexametafosfato de sódio ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$),

INS 452i, ICL Performance Products – Brasil Ltda, São Bernardo do Campo, Brasil).

Os ingredientes foram pesados em balança semianalítica (Scanvaegt - CE04, Aarhus, Dinamarca) e misturados com água resfriada (4 ± 2 °C) com auxílio de *mixer* (Robot Coupe MP450, Jackson, Estados Unidos) até completa homogeneização. A salmoura preparada ficou armazenada em câmara resfriada (4 ± 2 °C) até o momento da injeção.

3.2.3 Injeção e separação das amostras

As peças de lombo foram submetidas ao processo de injeção em planta piloto, seguindo as normas de boas práticas de fabricação. O nível de injeção desejado foi de 18%, de forma que o percentual de incremento foi calculado através da Equação 7, conforme realizado por Crow e colaboradores (2010):

$\text{Percentual de injeção} = \frac{(\text{peso final} - \text{peso inicial})}{\text{peso inicial}} \times 100$

Equação 7

Os lombos foram injetados utilizando uma injetora Günterr com agulhas múltiplas (Günterr, Dieburg, Alemanha), com apenas um pente contendo 21 agulhas com 2,4 cm de separação. O equipamento foi enxaguado com água a cada mudança de tratamento, evitando possíveis contaminações – assim como praticado por Sheard e Tali (2004).

As peças foram pesadas antes e depois da injeção, de forma a conferir o percentual de adição; quando necessário, as amostras de lombo foram injetadas novamente, de forma atingir os teores de $18 \pm 1\%$ de ganho de peso. Em seguida as amostras foram embaladas à vácuo em sacos tricamada (PE/PA/PE; TPO2 < 30 cc/m² x dia, Videplast, Videira, Brasil) em embaladora Selovac (Selovac, São Paulo, Brasil), 95% de vácuo, conforme demonstrado na Figura 21a, e armazenadas

em câmara de resfriamento (4 ± 2 °C), ao abrigo da luz, durante 72 horas para homogeneização da salmoura, conforme realizado por Baublits e colaboradores (2005a). Em seguida, as amostras de lombo foram cortadas em postas de 2,54 cm de espessura com auxílio de serra fita (Maschinenfabrik Dornhan, Dornhan, Alemanha) e novamente embaladas (segundo o mesmo procedimento realizado para o lombo inteiro), conforme possível de visualizar na Figura 21b.



Figura 21 Amostra de lombo após tratamentos experimentais (a) e postas de 2.54 cm de espessura (b).

As postas de lombo foram submetidas às análises físico-químicas, monitoramento do pH e exsudação na embalagem durante o tempo, perda de peso por gotejamento (bolsa de Honikel), comportamento da coloração ao longo do tempo, perda durante o cozimento e tensão de cisalhamento.

3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

3.3.1 Umidade

O percentual de umidade foi determinado através da desidratação da amostra em estufa à 105°C, até peso constante (BRASIL, 1999b).

4.3.2 Proteína bruta

O teor de proteína bruta das amostras foi determinado pelo método de Kjeldahl, utilizando fator de correção 6,25 (BRASIL, 1999b).

3.3.3 Lipídio

A avaliação do teor de lipídio foi determinado por extração etérea através do método de Soxhlet (BRASIL, 1999b).

3.3.4 Cloreto de sódio

O teor de cloreto de sódio foi determinado através da análise de cloretos, conforme método argentométrico descritos na Instrução Normativa nº 20 de 1999, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1999b).

3.3.5 Fosfato

A quantificação de fosfatos foi realizada através do método espectrofotométrico descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

3.3.6 Análise de pH

As análises de pH de salmouras e carne foram realizadas com auxílio de pHmetro portátil (Modelo 205, Testo, Campinas, Brasil), calibrado com tampão de pH 4 e 7. O pH das salmouras foi verificado antes do início das operações de injeção de cada tratamento.

As análises de pH em carnes foram realizadas 24 horas *post-mortem*, rejeitando-se carnes que apresentavam pH fora da faixa de 5,6 e 5,9 – eliminando, desta forma, a possibilidade de carnes PSE e DFD estarem presentes nos tratamentos experimentais, conforme realizado por Hayes e colaboradores (2006) e Daguer (2009). Novas leituras de pH foram realizadas após 72 horas do processo de injeção, ainda no

lombo inteiro, bem como nos dias 10, 17 e 24 após a injeção. As análises em carne foram realizadas conforme demonstrado na Figura 22.



Figura 22 Análise de pH em postas de lombo suíno.

3.4 PERDA DE PESO POR EXSUDAÇÃO (*PURGE LOSS*)

A perda por exsudação, ou *purge loss*, foi determinada por diferença de peso através da Equação 8, onde o peso inicial da amostra foi obtido logo após a injeção (no caso do lombo inteiro) ou corte das postas; após o armazenamento as amostras foram retiradas das embalagens, secas com papel absorvente e novamente pesadas.

Perda por exsudação (%) =	$\frac{(\text{peso inicial} - \text{peso final})}{\text{peso inicial}} \times 100$
------------------------------	--

Equação 8

Nos dias 10, 17 e 24 após a injeção avaliou-se a perda de líquido na embalagem de postas de lombo mantidas sob refrigeração ($4 \pm 2^\circ\text{C}$). O lombo inteiro foi avaliado 72 horas após injeção.

3.5 PERDA DE PESO POR GOTEJAMENTO (BOLSA DE HONIKEL)

A medição da perda de peso por gotejamento (*drip loss*) foi realizada utilizando o método da bolsa de Honikel (HONIKEL, 1998). As amostras foram coletadas 72 horas após a injeção, quando as peças de lombo foram cortadas em postas, envolvidas em redes de poliéster, colocadas em bolsas plásticas infladas e deixadas por 48 horas sob refrigeração à 4 ± 2 °C – conforme ilustrado na Figura 23. O processo foi realizado em replicata e os resultados expressos em percentual de perda de peso, seguindo a Equação 9, assim como realizado por Micklander e colaboradores (2005).

Perda por gotejamento (%) = $\frac{(\text{peso inicial} - \text{peso após } 48^{\circ}\text{C})}{\text{peso inicial}} \times 100$
--

Equação 9



Figura 23 Amostras submetidas à avaliação de perda por gotejamento através da metodologia da bolsa de Honikel.

3.6 AVALIAÇÃO INSTRUMENTAL DA COLORAÇÃO

A coloração objetiva foi mensurada utilizando um espectrofotômetro portátil (Konica-Minolta – CR400, Osaka, Japão) com ângulo de observador de 10 graus, área de iluminação de 8 mm de diâmetro, iluminante A e calibrado em um padrão branco imediatamente antes da realização das leituras, de forma semelhante a realizada por Stephens e colaboradores (2006). Após 72 horas da injeção a coloração superficial dos lombos foi avaliada em triplicada em 5 pontos superficiais aleatórios, buscando áreas livres de gordura e tecido conjuntivo. As postas foram mantidas embaladas e sob refrigeração (4 ± 2 °C) para serem avaliadas nos dias 10, 17 e 24 após a injeção, considerando o mesmo procedimento adotado para o lombo inteiro.

A Figura 24 apresenta a avaliação de cor das amostras com o uso do colorímetro portátil. A partir da obtenção dos valores de L^* , a^* e b^* foi possível avaliar a influência dos tratamentos na luminosidade (L^*) e tonalidade das cores vermelha (a^*) e amarela (b^*). Além disso, estes três valores permitiram calcular a diferença total das cores (ΔE^*), e o índice de saturação (C^*), a partir das Equações 3 e 4.



Figura 24 Avaliação de cor das amostras.

3.7 PERDA DE PESO NO COZIMENTO

Seguindo metodologia adaptada de Ramos e Gomide (2009), após 72 horas do processo de injeção, corte das postas de 2,54 cm de espessura e embalagem à vácuo, separou-se duas unidades de cada tratamento para cozimento em água em tanque encamisado, onde a temperatura da água permaneceu à $78 \pm 1^\circ\text{C}$ até as amostras atingirem 71°C em seu centro térmico, usando-se um termômetro digital (Modelo 106, Testo, Campinas, Brasil), calibrado para controle inserido no centro – conforme demonstrado na Figura 25. Em seguida as postas foram resfriadas à temperatura ambiente *overnight* para determinação da perda

de peso no cozimento em banho-maria, a qual foi obtida a partir da diferença do peso inicial da amostra com o peso final, vide Equação 10.

Perda no cozimento (%) =	$\frac{(\text{peso inicial} - \text{peso após cozimento})}{\text{peso inicial}} \times 100$
--------------------------	---

Equação 10



Figura 25 Cozimento de postas de lombo embaladas á vácuo.

3.8 TENSÃO DE CISALHAMENTO DE WARNER-BRATZLER

Para a avaliação de tensão de cisalhamento pelo método Warner-Bratzler utilizou-se as amostras provenientes da análise de perda de peso durante o cozimento. Após resfriadas, de cada uma destas porções obteve-se 7 corpos de prova de 1,27 cm de diâmetro, os quais foram submetidos à tração perpendicular às fibras utilizando um texturômetro (Instron - 5565, Burlington, Estados Unidos) acoplado com a uma lâmina de Warner-Bratzler – conforme demonstrado da

Figura 26, célula de carga de 100 N e velocidade de deslocamento de aproximadamente 5 mm/s, conforme Ramos e Gomide (2009). As informações foram obtidas eletronicamente (Bluehill, v. 2.17.649) e mensuradas as médias para cada porção. O pico da força máxima foi considerado como tensão de cisalhamento, conforme procedimento adotado por Pietrasik e Janz (2009), e representada em Newton (N) tomando-se a média de 7 leituras por tratamento.

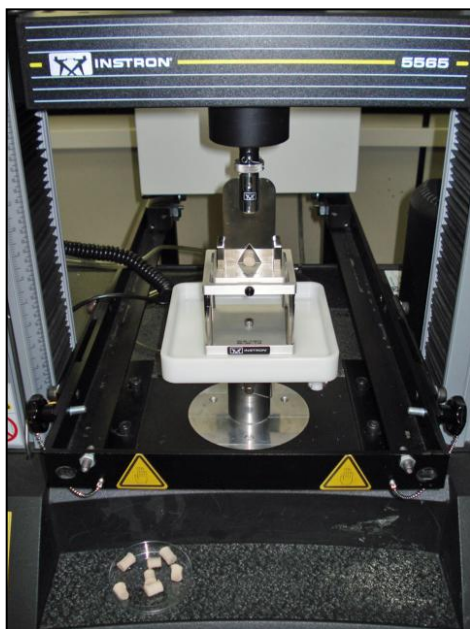


Figura 26 Texturômetro e corpos de prova utilizados no experimento.

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Utilizou-se o software Statistica[®], versão 7 (STATSOFT, 2004), para as análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

4.1.1 Umidade, proteína e lipídio

Os valores percentuais médios de umidade, proteína e lipídio estão demonstrados na Tabela 9, juntamente do desvio padrão. Pelo fato de não ter sido submetido ao processo de injeção, assim como esperado, o tratamento Controle apresentou menor teor de umidade em relação aos demais; bem como, proporcionalmente, apresenta maior teor de proteína e lipídio pelo fato destes não terem sido diluídos na presença de salmoura. A influência da adição torna-se mais evidente a partir da observação da Figura 27, onde os teores médios de umidade, proteína e lipídio foram plotados em gráfico.

Embora os teores percentuais de proteína e lipídio apresentaram certa variação entre os tratamentos submetidos ao processo de injeção, observou-se o impacto da tecnologia do *enhancement* na redução dos valores nutricionais da carne, onde os teores proteicos e de lipídio apresentaram estatisticamente superiores no tratamento controle. Esta observação é minimizada pelo fato de terem sido realizadas em amostras *in natura*, onde o processo de preparo para consumo, como por exemplo a adição de solução de temperos ou cozimento, ocasionará outras alterações, as quais podem minimizar tais diferenças.

Os valores centesimais obtidos no tratamento Controle estão semelhantes aos encontrados em outros estudos com amostras padronizadas (DAGUER, 2009); entretanto, os valores de lipídio encontram-se inferiores aos cortes comercializados com a porção da gordura lombo (USDA, 2012).

Tabela 9 Teores de umidade, proteína e lipídio dos lombos por tratamentos (média \pm desvio padrão).

Tratamento	Umidade (g/100g)	Proteína (g/100g)	Lipídio (g/100g)
4TSPP	76,00 \pm 0,02 ^a	18,79 \pm 0,03 ^{a,b}	2,20 \pm 0,35 ^{a,b,c}
3TSPP/1TSP	76,22 \pm 0,98 ^a	20,20 \pm 0,08 ^{d,e}	2,02 \pm 0,25 ^{a,b,c}
3TSPP/1SHMP	75,96 \pm 0,06 ^a	20,28 \pm 0,20 ^e	2,275 \pm 0,11 ^{b,c}
2TSPP/1TSP/1SHMP	74,30 \pm 0,20 ^a	19,73 \pm 0,04 ^{c,d}	2,45 \pm 0,21 ^c
4STPP	76,64 \pm 0,36 ^a	19,83 \pm 0,03 ^{d,e}	1,62 \pm 0,60 ^{a,b}
3STPP/1TSP	76,32 \pm 0,02 ^a	19,28 \pm 0,02 ^{b,c}	1,51 \pm 0,34 ^a
3STPP/1SHMP	76,99 \pm 0,45 ^a	20,08 \pm 0,10 ^{d,e}	1,76 \pm 0,19 ^{a,b,c}
2STPP/1TSP/1SHMP	76,06 \pm 0,37 ^a	21,18 \pm 0,02 ^f	2,40 \pm 0,10 ^c
1TSP/1TSPP/ 1STPP/1SHMP	77,47 \pm 0,54 ^a	18,62 \pm 0,12 ^a	2,26 \pm 0,41 ^{b,c}
4TSP	75,95 \pm 0,60 ^a	18,58 \pm 0,16 ^a	2,27 \pm 0,18 ^{b,c}
4SHMP	75,81 \pm 0,69 ^a	21,21 \pm 0,03 ^f	2,36 \pm 0,22 ^{bc}
1,2NaCl	76,62 \pm 0,40 ^a	19,91 \pm 0,13 ^{d,e}	2,18 \pm 0,17 ^{a,b,c}
Controle	72,06 \pm 1,83 ^b	23,79 \pm 0,13 ^g	3,28 \pm 0,11 ^d

Por comparação das médias por teste de Tukey, letras iguais em uma mesma coluna não apresentam diferença estatística significativa entre as médias ($p < 0,05$).

Os fatores socioeconômicos e demográficos possuem uma influência significativa nos padrões de consumo domiciliar de carnes no Brasil (SCHLINDWEIN; KASSOUF, 2006), bem como parte da população ainda crê que a carne suína apresenta aspectos nutricionais inferiores à carne de frango ou bovina, uma vez que consideram que esta apresenta maior teor de gordura e colesterol (SANTOS *et al.*, 2011). Contudo, conforme observado neste trabalho e na análise comparativa de composição de alimentos da base de dados do governo norte americano (USDA, 2012), bem como a consideração de níveis de colesterol obtidas em alguns trabalhos (BRAGAGNOLO, 2001; INMETRO, 2012; USDA 2012), a crença de parte da população é equivocada.

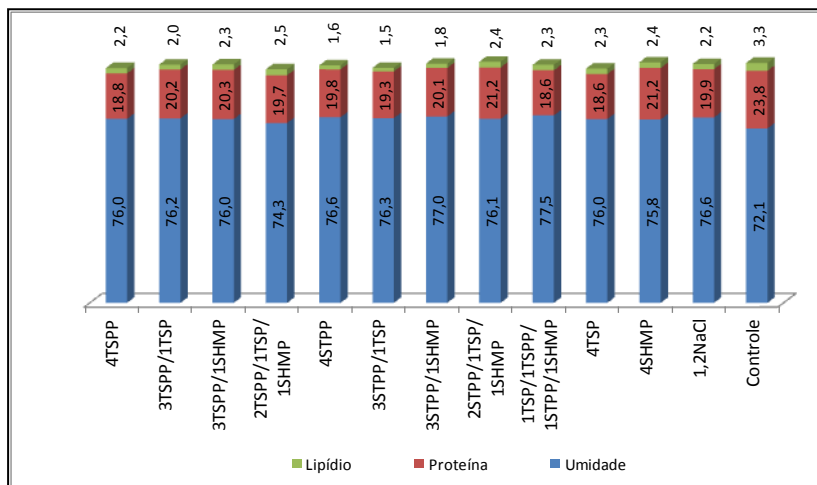


Figura 27 Teores (g/100g) médios de umidade, proteína e lipídio em cada tratamento.

Considerando tais aspectos, destaca-se a importância dos trabalhos de conscientização da população brasileira quanto à segurança alimentar e qualidade nutricional da carne suína, o qual já é realizado pela Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína, visto que o Brasil apresenta elevado potencial de consumo, uma vez que apresenta taxa de consumo per capita de carne suína inferior a 15 kg/habitante (ABIEPCS, 2012).

4.1.2 Cloreto de sódio e fosfatos

Conforme demonstrado na Tabela 10, o teor de cloreto de sódio nos tratamentos submetidos à tecnologia de *enhancement* não apresentaram variação estatisticamente significativa, de forma que o processo de injeção seguido pelo período de descanso de 72 horas favorece a distribuição da salmoura na carne. O tempo para equilíbrio da salmoura é controverso entre os pesquisadores, sendo que se observa procedimentos com descanso de 24 horas (SHEARD; TALI, 2004; HAYES et. al., 2006) e 72 horas (BAUBLITS *et al.*, 2005a). Embora o processo de injeção apresente a desvantagem de menor eficiência na

distribuição da salmoura quando comparado ao processo de injeção seguido de tambleamento (FEINER, 2006), o procedimento adotado no preparo das amostras apresentou pequenas variações.

Nos tratamentos em que os fosfatos estavam presentes, o teor de aditivo adicionado foi de 0,4% no produto acabado. Entretanto, conforme possível observar na Tabela 10, o teor de anidrido fosfórico, analítico e teórico, apresenta variações entre os tratamentos, sendo que, quando adicionados individualmente apresentaram teores decrescentes de P_2O_5 na seguinte ordem: SHMP>STPP≥TSPP>TSP. Os teores analíticos de fosfatos encontrados foram próximos aos valores teóricos, os quais foram obtidos por estequiometria.

A força iônica também foi calculada a partir dos valores teóricos de sal e fosfato presente na amostra final. Observa-se, conforme Tabela 9, que a presença de 0,4% de aditivo, independente do tamanho da cadeia, impacta substancialmente no aumento da força iônica, de forma que tais ingredientes melhoram a capacidade de retenção de água da carne (OFFER; TRINICK, 1983).

Este estudo avaliou amostras com 0,2 M de cloreto de sódio e variações de 6 mM a 15 mM de fosfatos, uma vez que são os teores praticados pelas indústrias, permitidos na maioria dos países e apresentam, conforme outras pesquisas, resultados satisfatórios no aprimoramento das propriedades funcionais e sensoriais da carne (BAUBLITS *et al.*, 2005a; WRIGHT *et al.*, 2005; BAUBLITS, *et al.*, 2006a; HAYES *et al.*, 2006).

Tabela 10 Teores analíticos de cloreto de sódio e anidrido fosfórico (P_2O_5) (média \pm desvio padrão), percentual de P_2O_5 teórico e força iônica dos tratamentos.

Tratamento	Sal (%)	P_2O_5 (analítico) (%)	P_2O_5 (teórico*) (%)	Força Iônica** (mol/L)
4TSP	1,33 \pm 0,16 ^a	0,20 \pm 0,02 ^a	0,21	0,356
3TSP/1TSP	1,12 \pm 0,08 ^a	0,20 \pm 0,01 ^a	0,20	0,355
3TSP/1SHMP	1,10 \pm 0,08 ^a	0,23 \pm 0,02 ^{ab}	0,22	0,352
2TSP/1TSP/1SHMP	1,10 \pm 0,04 ^a	0,22 \pm 0,01 ^{ab}	0,22	0,351
4STPP	1,26 \pm 0,01 ^a	0,23 \pm 0,01 ^{ab}	0,23	0,368
3STPP/1TSP	1,13 \pm 0,10 ^a	0,22 \pm 0,02 ^{ab}	0,22	0,364
3STPP/1SHMP	1,18 \pm 0,20 ^a	0,23 \pm 0,02 ^{ab}	0,24	0,362
2STPP/1TSP/1SHMP	1,34 \pm 0,15 ^a	0,22 \pm 0,01 ^{ab}	0,23	0,358
1TSP/1TSP/ 1STPP/1SHMP	1,10 \pm 0,11 ^a	0,22 \pm 0,01 ^{ab}	0,22	0,355
4TSP	1,38 \pm 0,12 ^a	0,14 \pm 0,01 ^c	0,17	0,352
4SHMP	1,06 \pm 0,06 ^a	0,28 \pm 0,00 ^d	0,28	0,343
1,2N ₂ Cl	1,13 \pm 0,11 ^a	0*	0	0,205

Por comparação das médias por teste de Tukey, letras iguais em uma mesma coluna não apresentam diferença estatística significativa entre as médias ($p < 0,05$). *O valor de P_2O_5 foi calculado por estequiometria. ** A força iônica foi calculada a partir dos percentuais teóricos de sal e fosfatos dos produtos finais.

As regulamentações nacionais vigentes mencionam apenas o limite máximo de adição destes aditivos, os quais são inspecionados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento através do controle de formulações realizado durante o processo produtivo pelos fiscais de Inspeção Federal, conforme determinado na Portaria nº 711, de 01 de novembro de 1995 (BRASIL, 1995). Contudo, conforme demonstrado na Tabela 4, a composição destes aditivos é parcialmente constituída de um cátion (no caso deste trabalho, sódio), o qual não desempenha função no produto final e é contabilizado como percentual de estabilizantes adicionado no produto. Entretanto, outros países, a exemplo da Venezuela, apresentam uma legislação geral para aprovação de aditivos alimentares, sendo que os teores de fosfato adicionados são específicos para cada tipo de alimento e o controle deste é realizado através de análise de anidrido fosfórico (VENEZUELA, 2000), comumente feita através de análises por espectrofotômetro e cromatografia líquida de alta eficiência (DAGUER; ASSIS; BERSOT, 2010).

A permissão dos teores de adição de fosfatos em produtos cárneos são distintos ao redor do mundo, de forma que as entidades responsáveis consideram o impacto da ingestão de fósforo na saúde populacional, uma vez que o desequilíbrio do consumo de cálcio e fósforo apresentam impactos na solidez óssea (DURAND, 2002) e estima-se que o consumo diário de fosfato por pessoa está na ordem de 1000mg (URIBARRI; CALVO, 2003). Levando este fator em conta, observa-se pesquisas quanto a substituição de fosfato por outros aditivos, como citrato e acetato (STEPHENS *et al.*, 2006) e bicarbonato de sódio (SHEARD; TALI, 2005).

Considerando que os alimentos submetidos à tecnologia de *enhancement* apresentam em sua composição sódio e fósforo, Murphy-Gutekunst e Uribarri (2005) destacam a importância do consumo moderado de tais alimentos, bem como a correta rotulagem dos mesmos.

4.1.3 pH

O pH das salmouras foram avaliados antecipadamente ao experimento, conforme demonstrado no item 3.1.1, onde foi possível

eliminar os tratamentos que consideravam a utilização de pirofosfato ácido de sódio. Na Tabela 11 encontram-se os valores de pH das salmouras efetivamente utilizadas nos tratamentos.

Os resultados mostraram que a inclusão de TSP nos tratamentos, ao exemplo de 3TSPP/1TSP e 3STPP/1TSP, favorece o aumento do pH das soluções significativamente quando comparado ao 4TSPP e 4STPP, respectivamente; já a inclusão de SHMP apresentou efeito contrário. Os tratamentos onde o componente majoritário fora fracionado e parcialmente substituído por TSP e SHMP simultaneamente (2TSPP/1TSP/1SHMP e 2TSPP/1TSP/1SHMP) apresentaram valores de pH superiores que os tratamentos com único fosfato (4TSPP e 4STPP, respectivamente). Tais observações justificam-se pelo elevado pH da solução contendo exclusivamente TSP.

As salmouras utilizadas nos tratamentos causaram impacto no pH dos cortes suínos de forma distinta ao longo do tempo, assim como demonstrado na Tabela 12 e Figura 28. Após 72 horas, período onde os cortes ficaram em repouso para homogeneização da salmoura, observou-se que os lombos submetidos ao tratamento 4STP apresentaram os maiores valores de pH, o que já era esperado em virtude do alto pH apresentado na salmoura. Os lombos dos tratamentos 3TSPP/1TSP, 2TSPP/1TSP/1SHMP e 3STPP/1TSP apresentaram, logo após o 4STP, os maiores valores de pH após 72 horas, demonstrando a influencia do fosfato trissódico no aumento do pH.

De forma geral, as salmouras que apresentam maiores valores de pH proporcionaram lombos com pH mais elevados após 72 horas, 10 dias e 17 dias. Entretanto, após 24 dias ao tratamento inicial, não foram mais observadas diferenças estatisticamente significativas entre os valores de pH dos tratamentos, o que está relacionado a capacidade tamponante da carne – como observado por Puolanne e Kivikari (2000) em *longissimus dorsi* suíno, em média de $52 \text{ mmol H}^+ / (\text{pH} \cdot \text{kg})$ na faixa de pH de 5,5 – 7,0.

Tabela 11 pH de salmouras utilizadas na injeção de lombos suínos.

Tratamento	Média	Intervalo de confiança	
		de 95%	
4TSPP	9,1 ^e	8,9	9,2
3TSPP/1TSP	11,4 ^{c,d}	11,2	11,5
3TSPP/1SHMP	7,7 ^a	7,4	8,0
2TSPP/1TSP/1SHMP	10,5 ^b	8,7	12,3
4STPP	7,6 ^a	6,9	8,3
3STPP/1TSP	11,0 ^{b,c}	10,1	11,9
3STPP/1SHMP	7,1 ^a	6,5	7,7
2TSPP/1TSP/1SHMP	11,0 ^{b,c}	10,8	11,2
1TSP/1TSPP/1STPP/1SHMP	11,0 ^{b,c}	10,9	11,1
4TSP	11,9 ^d	11,8	12,0
4SHMP	4,4 ^e	4,3	4,6
1,2NaCl	7,8 ^a	7,8	7,9

Por comparação das médias por teste de Tukey, letras iguais em uma mesma coluna não apresentam diferença estatística significativa entre as médias ($p < 0,05$).

Tabela 12 pH de lombos suínos ao longo do tempo.

Tratamento	72 horas	10 dias	17 dias	24 dias
4TSPP	5,6 ^{bc1}	5,5 ^{a2}	5,5 ^{a2}	5,4 ^{a2}
3TSPP/1TSP	5,8 ^{de1}	5,6 ^{ab1}	5,7 ^{ab1}	5,6 ^{a1}
3TSPP/1SHMP	5,6 ^{bc1}	5,8 ^{b2}	5,6 ^{ab1}	5,6 ^{a1}
2TSPP/1TSP/1SHMP	5,8 ^{cd1}	5,8 ^{b1}	5,5 ^{a2}	5,6 ^{a2}
4STPP	5,5 ^{ab1}	5,6 ^{ab1}	5,6 ^{a1}	5,6 ^{a1}
3STPP/1TSP	5,8 ^{cd1}	5,7 ^{ab12}	5,6 ^{ab2}	5,6 ^{a2}
3STPP/1SHMP	5,6 ^{bc1}	5,7 ^{ab1}	5,5 ^{a1}	5,6 ^{a1}
2STPP/1TSP/1SHMP	5,5 ^{ab1}	5,7 ^{ab2}	5,7 ^{ab2}	5,5 ^{a1}
1TSP/1TSPP/ 1STPP/1SHMP	5,6 ^{abc1}	5,7 ^{ab1}	5,6 ^{ab1}	5,6 ^{a1}
4TSP	6,0 ^{e1}	6,0 ^{c1}	5,8 ^{b2}	5,6 ^{a3}
4SHMP	5,5 ^{ab1}	5,5 ^{a1}	5,5 ^{a1}	5,5 ^{a1}
1,2NaCl	5,4 ^{ab1}	5,7 ^{ab1}	5,5 ^{a1}	5,4 ^{a1}
Controle	5,4 ^{a1}	5,5 ^{a1}	5,5 ^{ab1}	5,5 ^{a1}

Por comparação das médias por teste de Tukey, letras iguais em uma mesma coluna e números iguais em uma mesma linha não apresentam diferença estatística significativa entre as médias ($p < 0,05$).

Apesar dos monofosfatos apresentarem maior capacidade tamponante em relação aos demais fosfatos (FEINER, 2006), observou-se variação do pH ao longo do tempo no tratamento 4TSP, de forma que, mesmo nos tratamentos com salmouras de maior pH e capacidade tamponante, as características bioquímicas da carne favoreceram a um mesmo pH no final dos 24 dias – conforme Figura 28. Embora a maioria dos tratamentos não apresentaram variação de pH ao longo do tempo, outros tratamentos, como 4TSPP, 2TSPP/1TSP/1SHMP e 3STPP/1TSP também apresentaram variação de pH ao longo do tempo, contudo mais amena que o 4STP.

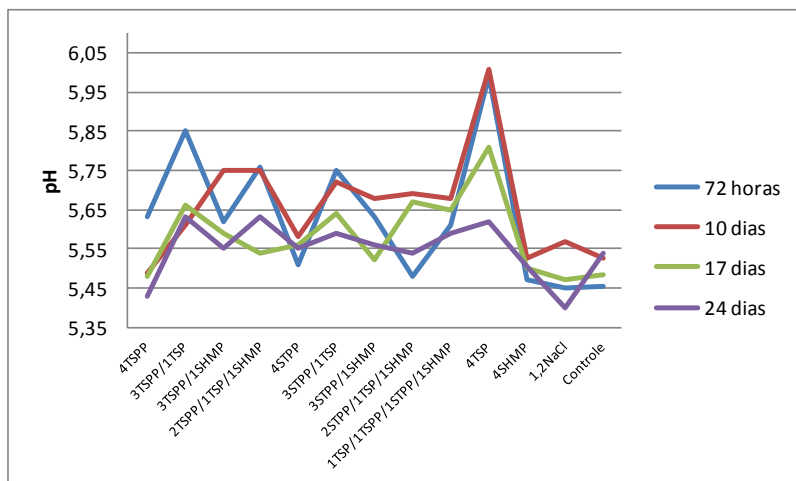


Figura 28 pH de lombos suínos ao longo do tempo

Stephans e colaboradores (2006), avaliaram os efeitos da injeção de soluções no *pre-rigor* e *post-rigor* de lombos suínos. Em seu trabalho, os cortes foram injetados 24 horas *post-mortem* com solução 4,4% de tripolifosfato de sódio e 2,2% de cloreto de sódio com ganho de peso de 4,6%. Observou-se, após 7 dias de armazenamento, pH de 6,0 contra pH da amostra controle igual a 5,5. Embora os valores teóricos de cloreto de sódio e fosfato adicionados foram menores que os do presente estudo (aproximadamente 0,1% e 0,2%, respectivamente), observou-se variação de pH entre a amostra tratada e controle.

4.2 PERDA DE PESO POR EXSUDAÇÃO (*PURGE LOSS*)

Por influenciar a aceitação do consumidor e o peso do produto final, a perda de líquido no pacote é um atributo muito importante para produtos cárneos (HERTOG-MEISCHKE; LAACK; SMULDERS, 1997), sendo que a baixa capacidade de retenção de água representa prejuízo de milhões de dólares à indústria anualmente (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005).

Assim como realizado para pH, a exsudação do lombo suíno foi mensurada nos dias 10, 17 e 24 após o procedimento de injeção, a qual

está demonstrada na Tabela 13. Considerando o dia 10, o tratamento Controle apresentou o maior valor de exsudação (3,12%); embora este valor não apresentou diferença estatística de alguns tratamentos, foi possível observar que a adição de cloreto de sódio e fosfatos auxilia na redução dos percentuais de exsudação já no início do acompanhamento.

Nos dias 17 e 24 o impacto positivo na retenção de água dos lombos submetidos ao *enhancement* fica mais evidente, onde todas as amostras com cloreto de sódio e fosfato apresentaram menores percentuais de exsudação. Contudo, no dia 24 foi possível observar que o tratamento sem a presença de fosfatos (1,2NaCl) apresentou elevado percentual de exsudação, de forma a demonstrar a eficácia destes aditivos na retenção de água.

Com 17 dias passados, a menor perda por exsudação foi observada no tratamento 2TSPP/1TSP/1SHMP, sendo que os outros tratamentos, a exceção de 4SHMP e Controle que apresentaram os maiores teores, apresentaram percentuais estatisticamente semelhantes.

Outro ponto observado 24 dias após o procedimento de injeção foi que os tratamentos que continham exclusivamente SHMP, ou que 25% do fosfato dos tratamentos eram SHMP (3TSPP/1SHMP e 3STPP/1SHMP), apresentaram maiores índices de exsudação que os demais tratamentos; tal fato parece não estar relacionado exclusivamente à diferença de pH da carne, mas sim a maior efetividade dos difosfatos ou trifosfatos na ativação proteica.

Tabela 13 Exsudação (%) de lombos suínos embalados ao longo do tempo.

Tratamento	10 dias	17 dias	24 dias
4TSPP	1,39 ^{a,1}	2,62 ^{b,1}	2,46 ^{b,1}
3TSPP/1TSP	2,65 ^{a,b,1}	3,52 ^{b,c,1}	3,01 ^{c,d,1}
3TSPP/1SHMP	1,59 ^{a,b,1}	2,78 ^{b,1}	3,43 ^{d,e,1}
2TSPP/1TSP/1SHMP	1,34 ^{a,1}	1,16 ^{a,1}	2,51 ^{b,2}
4STPP	2,47 ^{a,b,1}	3,24 ^{b,c,2}	3,09 ^{c,d,2}
3STPP/1TSP	1,39 ^{a,1}	2,48 ^{b,2}	1,96 ^{a,1,2}
3STPP/1SHMP	1,71 ^{a,b,1}	2,63 ^{b,1}	3,74 ^{e,f,1}
2STPP/1TSP/1SHMP	2,27 ^{a,b,1}	2,81 ^{b,1}	4,45 ^{g,2}
1TSP/1TSPP/ 1STPP/1SHMP	1,39 ^{a,1}	3,17 ^{b,c,2}	2,89 ^{c,2}
4TSP	1,21 ^{a,1}	2,68 ^{b,1}	2,79 ^{b,c,1}
4SHMP	1,12 ^{a,1}	4,01 ^{c,2}	3,41 ^{d,e,2}
1,2NaCl	2,47 ^{a,b,1}	2,78 ^{b,1,2}	3,93 ^{f,2}
Controle	3,12 ^{b,1}	6,53 ^{d,2}	5,69 ^{h,2}

Por comparação das médias por teste de Tukey, letras iguais em uma mesma coluna e números iguais em uma mesma linha não apresentam diferença estatística significativa entre as médias ($p < 0,05$).

Considerando o comportamento dos tratamentos ao longo do tempo foi possível observar que alguns apresentaram exsudação constante com o passar do tempo (4TSPP, 3TSPP/1TSP, 3TSPP/1SHMP, 3STPP/1SHMP e 4TSP); outros tratamentos apresentaram diferença a partir do dia 17 ou a partir do dia 24. Com esta variabilidade não foi possível determinar matematicamente a influência do pH ou o tipo de fosfato utilizado no percentual de perda por exsudação de lombos suínos embalados ao longo do tempo.

Pietrasik e Janz (2009) avaliaram o efeito da adição de cloreto de sódio e tripolifosfato de sódio no músculo *semitendinosus* bovino, considerando níveis constantes de 0,3% de fosfato no produto final e variações no teor de cloreto de sódio (0,5% ou 1,5%) e teor de injeção (12% ou 25%). Após 24 horas, a menor perda por exsudação foi apresentada pelo tratamento com 1,5% de sal e 12% de injeção; já o tratamento com adição de 25% de injeção e 0,5% de cloreto de sódio apresentou perdas superiores ao controle.

A partir da avaliação de cortes suínos comercializados em oito cidades dos Estados Unidos, Wright e colaboradores (2005) observaram que os cortes submetidos ao *enhancement* apresentaram menor perda de líquido por exsudação quando comparados aos cortes *in natura*, assim como observado na maioria dos tratamentos deste trabalho.

4.3 PERDA DE PESO POR GOTEJAMENTO (BOLSA DE HONIKEL)

Embora muitos pesquisadores busquem o desenvolvimento de novos procedimentos para a mensuração da capacidade de retenção de água, o teste da bolsa de Honikel, mesmo simples, permanece sendo a metodologia referência, de forma que foi aplicado no presente estudo.

Os resultados obtidos estão demonstrados na Tabela 14, onde se observa elevado gotejamento no tratamento Controle, com valor médio de 6,53%, sendo estatisticamente superior a todos os demais tratamentos. O processamento industrial da carne é particularmente afetado pelo fato da baixa capacidade de retenção de água limitar o rendimento no processo produtivo; além disso, carnes com maiores valores de gotejamento apresentam aparência rejeitada pelos consumidores, ocasionando redução de vendas (OTTO, 2004).

A presença de cloreto de sódio esta associada a menores perdas por gotejamento, uma vez que o tratamento 1,2NaCl apresentou, aproximadamente, perda 3% inferior quando comparada ao tratamento Controle. Esta observação esta relacionada à repulsão eletrostática e expansão da miofibrila ocasionada pela presença de sal, a qual favorece a maior capacidade de retenção de água (OFFER; TRINICK, 1983).

Através da tecnologia do *enhancement*, a inclusão de cloreto de sódio em sua forma isolada ou em combinação com fosfatos apresentou resultados positivos na redução do gotejamento – embora esta sinergia não tenha sido observada nos tratamentos 3TSPP/1SHMP, 3STPP/1SHMP, 1TSP/1TSPP/1STPP/1SHMP e 4SHMP. Ressalta-se que todos os tratamentos submetidos a este processo tecnológico apresentam perdas inferiores ao controle, mesmo com a inclusão de 18% de salmoura em lombos suínos.

Tabela 14 Resultados de capacidade de retenção de água (%) através da metodologia da bolsa de Honikel.

Tratamento	Média	Intervalo de confiança (95%)
4TSPP	2,38 ^{a,b,c}	1,88 - 2,88
3TSPP/1TSP	2,35 ^{a,b}	1,85 - 2,86
3TSPP/1SHMP	3,44 ^{b,c,d,e}	2,94 - 3,95
2TSPP/1TSP/1SHMP	2,74 ^{a,b,c,d}	2,24 - 3,24
4STPP	2,64 ^{a,b,c}	2,14 - 3,14
3STPP/1TSP	1,95 ^a	1,45 - 2,45
3STPP/1SHMP	2,90 ^{a,b,c,d,e}	2,40 - 3,41
2STPP/1TSP/1SHMP	2,63 ^{a,b,c}	2,13 - 3,14
1TSP/1TSPP/ 1STPP/1SHMP	3,91 ^{d,e}	3,41 - 4,42
4TSP	2,34 ^{a,b}	1,84 - 2,85
4SHMP	4,02 ^e	3,51 - 4,58
1,2NaCl	3,61 ^{c,d,e}	3,11 - 4,11
Controle	6,53 ^f	6,03 - 7,04

Por comparação das médias por teste de Tukey, letras iguais em uma mesma coluna não apresentam diferença estatística significativa entre as médias ($p < 0,05$).

Durante o desenvolvimento de nova metodologia para mensuração de perda por gotejamento, Otto e colaboradores (2004) avaliaram o gotejamento de amostras de lombos suínos 24 horas *post-mortem*, tendo como padrão a análise por gotejamento em bolsa, onde obtiveram resultado de gotejamento igual a 1,94% com 24 horas de exposição e 3,33% com 48 horas. No presente estudo, onde os tratamentos foram realizados 24 horas *post-mortem* e 72 horas foram necessárias para a homogeneização da salmoura, a análise de *drip loss* iniciou-se com 96 horas *post-mortem*, de forma a justificar os maiores índices de gotejamento.

Bertram, Andersen e Karlsson (2001) observaram valor médio de gotejamento de 5,80% em lombos suínos 24 horas *post-mortem* através da metodologia da bolsa de Honikel, com desvio padrão de 3,87%. O presente estudo também apresentou uma considerável variabilidade nos resultados, o que pode estar relacionado à variação do

coeficiente de difusão da salmoura ao longo do tempo (HANSEN *et al.*, 2008).

Outro aspecto relacionado à variabilidade dos resultados observados, tanto neste estudo quanto na literatura, foi avaliado por Uttaro e Aalhus (2007), que investigaram a presença de faixas e estrias em cortes bovinos injetados com solução contendo corante azul, conforme demonstrado na Figura 29. Tal fato pode gerar áreas com maior concentração de salmoura, a qual apresentaria resultados distintos daqueles onde não houve contato.

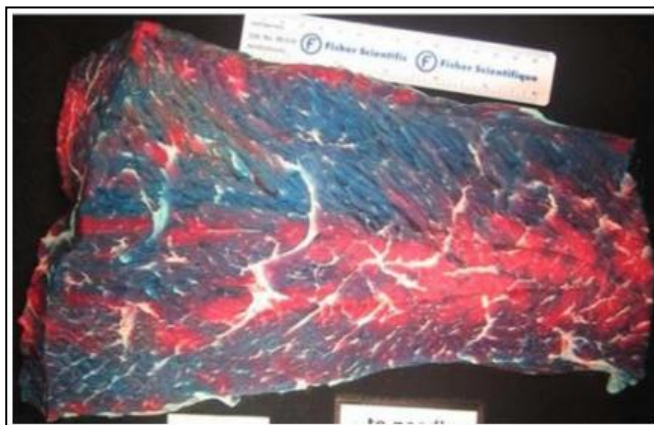


Figura 29 Músculo *longissimus thoracis* bovino injetado com 25,8% de salmoura contendo corante. Fonte: Uttaro e Aalhus (2007).

4.4 AVALIAÇÃO INSTRUMENTAL DA COLORAÇÃO

A coloração das amostras foi avaliada 72 horas após injeção, momento onde as amostras de lombo suíno estavam íntegras, e nos tempos 10, 17 e 24 dias – onde se trabalhou com postas de lombo. Todas as avaliações foram realizadas na superfície das amostras que se apresentavam voltadas à luz, de forma a avaliar a influência dos tratamentos na coloração de lombos suínos armazenados à vácuo sob refrigeração.

O efeito dos tratamentos nos valores de L^* está demonstrado na Figura 30 e Tabela 15. Nos tempos 72 horas, 10 dias e 17 dias a amostra Controle apresentou-se mais clara em relação aos tratamentos

submetidos ao *enhancement*; apenas com 24 dias após injeção o tratamento 1,2NaCl apresentou luminosidade estatisticamente semelhante ao tratamento controle. Em amostras de cortes bovinos à vácuo, Baublits e colaboradores (2005b) avaliaram 2 níveis de injeção de salmouras compostas por diferentes fosfatos e cloreto de sódio, onde tiveram as mesmas observações do presente estudo, atribuindo ao cloreto de sódio o aceleração do escurecimento das amostras.

O fato de o tratamento Controle apresentar-se mais claro em relação aos demais também está relacionado a maior retenção de água das cadeias laterais das proteínas cárneas submetidas aos tratamentos com cloreto de sódio e fosfatos. No caso dos tratamentos com estes ingredientes há menor quantidade de água disponível para refletir a luz, tornando-as mais escuras.

Ao longo do tempo todos os tratamentos apresentaram valores de L^* crescentes, de forma que os valores no tempo 72 horas foram inferiores ao tempo 24 dias em todos os casos. Neste quesito, os tratamentos 4STPP, 3STPP/1SHMP e 3STPP/1TSP apresentaram as menores variações, o que parece estar relacionado à presença do tripolifosfato de sódio; em contrapartida, o tratamento 4TSP apresentou a maior variação de L^* .

Tabela 15 Variação dos parâmetros L*, a* e b* ao longo do tempo.

Tratamento	L*				a*				b*			
	72 horas	10 dias	17 dias	24 dias	72 horas	10 dias	17 dias	24 dias	72 horas	10 dias	17 dias	24 dias
4TSP	39,72 ^{ab1}	41,86 ^{ab1}	43,71 ^{ab2}	44,93 ^{abc3}	9,43 ^{bc1}	10,46 ^{a1}	9,96 ^{ab1}	10,87 ^{cd2}	-5,43 ^{cd1}	-5,19 ^{bc1}	-5,25 ^{bcd1}	-4,30 ^{cd1}
3TSP	39,71 ^{ab1}	41,83 ^{ab1}	46,16 ^{bc2}	47,59 ^{bcd2}	7,96 ^{a1}	9,59 ^{a2}	9,84 ^{ab1}	9,44 ^{abc1}	-5,66 ^{bcd1}	-4,49 ^{bc2}	-4,51 ^{cd2}	-4,65 ^{bc2}
3TSP/ISHMP	39,68 ^{ab1}	41,90 ^{ab1}	42,15 ^{a1}	45,69 ^{abc2}	8,76 ^{abc1}	10,45 ^{a2}	10,29 ^{ab2}	10,99 ^{d2}	-6,70 ^{ab1}	-4,96 ^{bc2}	-5,60 ^{bc1}	-4,56 ^{bc2}
2TSP/ITSP/ISHMP	39,90 ^{ab1}	41,28 ^{ab1}	41,89 ^{a1}	44,91 ^{abc2}	8,49 ^{abc1}	9,20 ^{a1}	9,39 ^{ab1}	9,39 ^{ab1}	-6,91 ^{ab1}	-5,91 ^{ab2}	-6,49 ^{ab1}	-5,96 ^{ab2}
4STPP	38,65 ^{a1}	39,43 ^{a1}	40,75 ^{a1}	42,94 ^{a2}	8,40 ^{abc1}	9,38 ^{a1}	10,19 ^{ab2}	10,25 ^{abc2}	-6,78 ^{ab1}	-5,77 ^{ab1}	-5,99 ^{ab1}	-5,23 ^{abc2}
3STPP	38,96 ^{ab1}	41,28 ^{ab1}	42,28 ^{ab1}	43,87 ^{ab2}	9,60 ^{bc1}	9,85 ^{a1}	10,24 ^{ab2}	10,68 ^{bcd2}	-5,68 ^{bcd1}	-5,11 ^{abc1}	-5,32 ^{bcd1}	-5,11 ^{abc1}
3STPP/ISHMP	40,53 ^{ab1}	42,02 ^{ab1}	43,72 ^{ab2}	45,11 ^{abc3}	8,49 ^{abc1}	9,37 ^{a1}	9,81 ^{ab1}	10,59 ^{bcd2}	-6,94 ^{ab1}	-5,43 ^{abc2}	-5,78 ^{bc1}	-4,95 ^{abc2}
2STPP/ITSP/ISHMP	39,48 ^{ab1}	41,56 ^{ab1}	43,24 ^{ab2}	45,12 ^{abc3}	8,32 ^{abc1}	9,29 ^{a1}	9,53 ^{ab1}	9,98 ^{abc2}	-6,87 ^{ab1}	-5,48 ^{abc2}	-5,72 ^{bc2}	-4,63 ^{bc3}
1TSP/ITSP/1TSP/ISHMP	40,19 ^{ab1}	41,48 ^{ab1}	42,56 ^{ab1}	45,80 ^{abc2}	7,80 ^{a1}	9,66 ^{a2}	10,37 ^{a2}	9,79 ^{abc2}	-7,59 ^{a1}	-4,59 ^{bc2}	-5,57 ^{bc2}	-5,84 ^{abc2}
4TSP	37,49 ^{a1}	39,62 ^{a1}	42,72 ^{ab2}	46,48 ^{abc3}	8,56 ^{abc1}	9,30 ^{a1}	8,66 ^{a1}	8,91 ^{a1}	-6,82 ^{ab1}	-6,76 ^{a1}	-7,21 ^{a1}	-6,32 ^{a1}
4SHMP	42,06 ^{bc1}	43,80 ^{bc2}	46,12 ^{bc2}	49,08 ^{cd3}	8,60 ^{abc1}	10,43 ^{a2}	9,72 ^{ab1}	9,65 ^{abc2}	-6,85 ^{ab1}	-5,29 ^{abc2}	-5,45 ^{bcd2}	-4,58 ^{bc2}
1,2NaCl	44,07 ^{c3}	46,58 ^{c1}	47,96 ^{c1}	51,55 ^{de3}	8,04 ^{ab1}	9,35 ^{a2}	9,49 ^{ab2}	9,48 ^{abc2}	-6,16 ^{bc1}	-5,77 ^{ab1}	-6,18 ^{ab1}	-4,94 ^{abc2}
Controle	48,41 ^{d1}	50,80 ^{d1}	53,11 ^{d1}	53,59 ^e	9,45 ^{c1}	10,07 ^{a1}	9,72 ^{ab1}	9,32 ^{ab1}	-4,53 ^{d1}	-3,96 ^{c1}	-4,17 ^{d1}	-2,90 ^{d2}

Por comparação das médias por teste de Tukey, letras iguais em uma mesma coluna e números iguais em uma mesma linha não apresentam diferença estatística significativa entre as médias ($p < 0,05$).

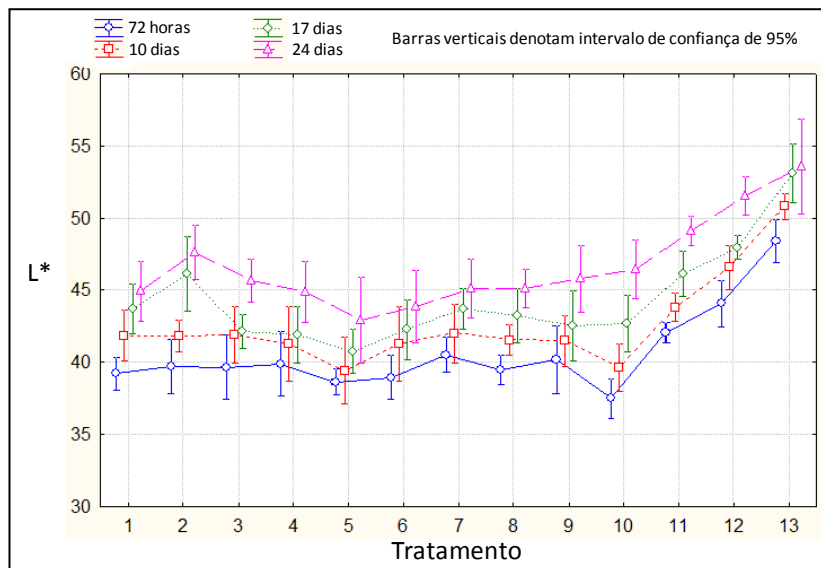


Figura 30 Valores de L* ao longo do tempo. Os tratamentos referem-se a: 1= 4TSPP, 2= 3TSPP/1TSP, 3= 3TSPP/1SHMP, 4= 2TSPP/1TSP/1SHMP, 5= 4STPP, 6= 3STPP/1TSP, 7= 3STPP/1SHMP, 8= 2STPP/1TSP/1SHMP, 9= 1TSP/1TSPP/1STPP/1SHMP, 10= 4TSP, 11= 4SHMP, 12= 1,2NaCl e 13= Controle.

Os valores de a^* e b^* estão apresentados nas Figuras 31 e 32, respectivamente, bem como na Tabela 15, onde é possível observar as variações ao longo de tempo e entre os tratamentos. Considerando a intensidade de vermelho (a^*), observa-se que as variações no início do experimento permaneceram até o final do mesmo, de forma que a influência dos tratamentos foi perceptível apenas no tempo 72 horas para os tratamentos 3TSPP/1TSP, 1TSP/1TSPP/1STPP/1SHMP e 1,2NaCl e no tempo 24 dias para os tratamentos 4TSPP e 3TSPP/1SHMP. Para a tonalidade amarelo (b^*) o impacto dos tratamentos foi maior, contudo, sem possibilidade de relacionar a influência de algum aditivo especificamente.

De forma geral os valores L^* , a^* e b^* aumentaram durante o tempo avaliado, entretanto não foram encontradas variações significativas na coloração global das amostras. Embora não fora possível determinar a influência dos fosfatos na manutenção das

tonalidades vermelha e amarela nestes tratamentos, Baublits e colaboradores (2005b) concluíram que a presença de STPP em carne bovina favorecem valores de b^* superiores em relação ao controle, entretanto outros autores apresentam resultados distintos (LEE; HENDRICKS; CORNFORTH, 1998).

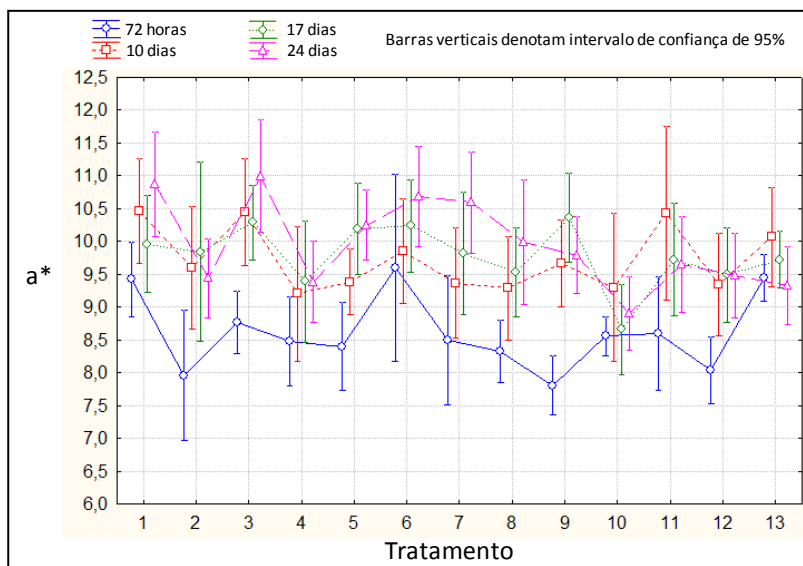


Figura 31 Valores de a^* ao longo do tempo. Os tratamentos referem-se a: 1= 4TSPP, 2= 3TSPP/1TSP, 3= 3TSPP/1SHMP, 4= 2TSPP/1TSP/1SHMP, 5= 4STPP, 6= 3STPP/1TSP, 7= 3STPP/1SHMP, 8= 2STPP/1TSP/1SHMP, 9= 1TSP/1TSPP/1STPP/1SHMP, 10= 4TSP, 11= 4SHMP, 12= 1,2NaCl e 13= Controle.

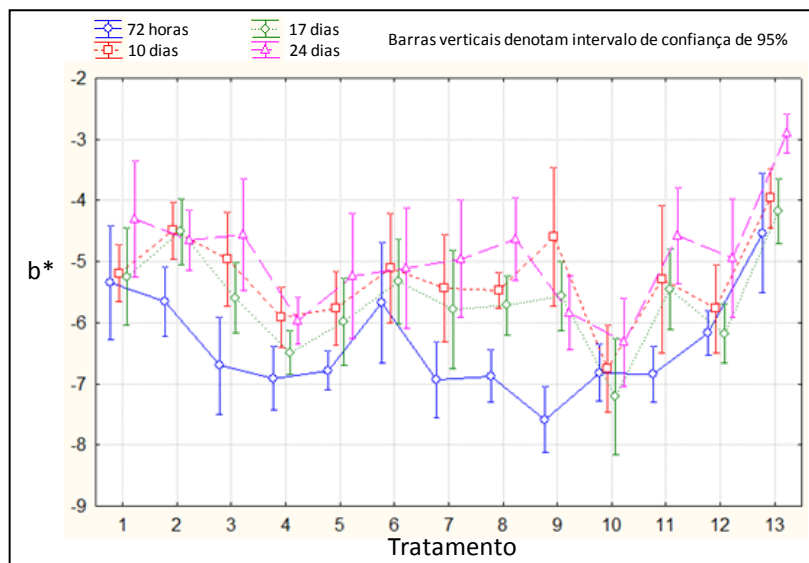


Figura 32 Valores de b^* ao longo do tempo. Os tratamentos referem-se a: 1= 4TSPP, 2= 3TSPP/1TSP, 3= 3TSPP/1SHMP, 4= 2TSPP/1TSP/1SHMP, 5= 4STPP, 6= 3STPP/1TSP, 7= 3STPP/1SHMP, 8= 2STPP/1TSP/1SHMP, 9= 1TSP/1TSPP/1STPP/1SHMP, 10= 4TSP, 11= 4SHMP, 12= 1,2NaCl e 13= Controle.

Mais representativo que os valores L^* , a^* e b^* , com as tonalidades vermelho e amarelo é possível obter matematicamente o índice de saturação (C^*), demonstrados na Tabela 16 e Figura 33, onde se observa mínima variação entre os tratamentos e ao longo do *shelf-life*. Além disso, considerando as mesmas tonalidades aliadas à luminosidade, é possível calcular a variação total de cor (ΔE^*), a qual foi comparada considerando os tempos 72 horas e 24 dias e esta representada na Tabela 16. Neste parâmetro, nenhum tratamento apresentou variação global de cor no período avaliado.

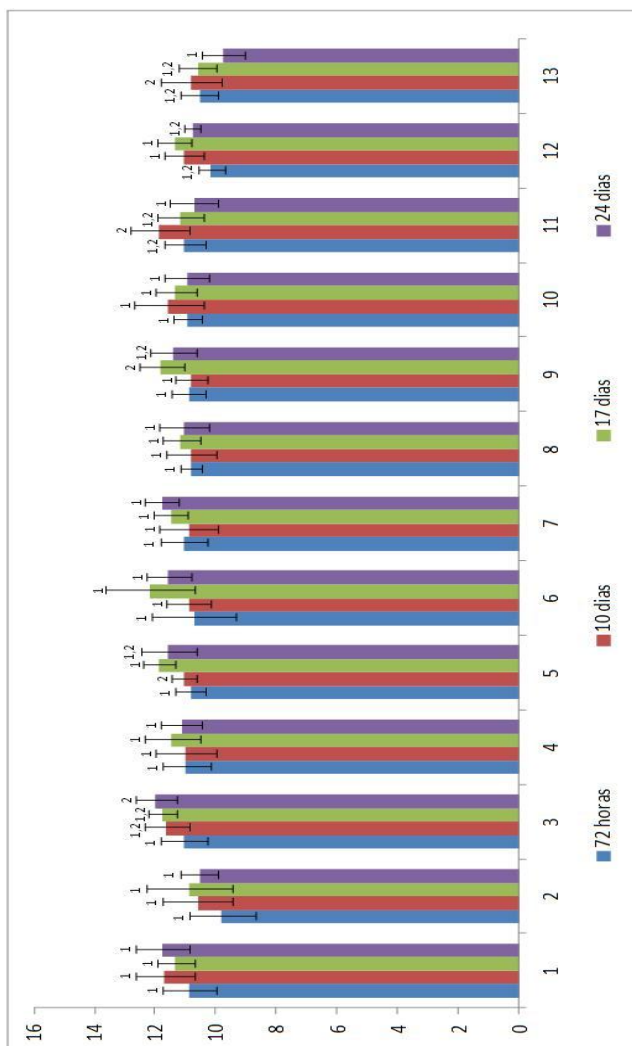


Figura 33 Valores de C* ao longo do tempo. Os tratamentos referem-se a: 1= 4TSPP, 2= 3TSPP/1TSP, 3= 3TSPP/1SHMP, 4: 2TSPP/1TSP/1SHMP, 5= 4STPP, 6= 3STPP/1TSP, 7= 3STPP/1SHMP, 8= 2STPP/1TSP/1SHMP, 9= 1TSP/1TSPP/1STPP/1SHMP, 10= 4TSP, 11= 4SHMP, 12= 1,2NaCl e 13= Controle. Números iguais em um mesmo tratamento não apresentam diferença estatística significativa entre as médias ($p < 0,05$).

Tabela 16 Valores de C* ao longo do tempo e ΔE^* entre tempo 72 horas e 24 dias de lombos suínos injetados.

Tratamento	C*				ΔE^*
	72 horas	10 dias	17 dias	24 dias	
4TSPP	10,88 ^{a,b,1}	11,70 ^{a,1}	11,32 ^{a,b,1}	11,76 ^{c,d,1}	6,17 ^a
3TSPP/1TSP	9,81 ^{a,1}	10,61 ^{a,1}	10,89 ^{a,b,1}	10,55 ^{a,b,1}	8,22 ^a
3TSPP/1SHMP	11,07 ^{b,1}	11,62 ^{a,1}	11,74 ^{a,b,1}	11,98 ^{d,2}	7,21 ^a
2TSPP/1TSP/1SHMP	10,97 ^{a,b,1}	10,99 ^{a,1}	11,44 ^{a,b,1}	11,14 ^{b,c,d,1}	5,48 ^a
4STPP	10,83 ^{a,b,1}	11,05 ^{a,1}	11,87 ^{b,2}	11,56 ^{b,c,d,1}	5,49 ^a
3STPP/1TSP	11,16 ^{a,b,1}	11,12 ^{a,1}	12,17 ^{b,1}	11,87 ^{c,d,1}	5,26 ^a
3STPP/1SHMP	11,04 ^{b,1}	10,89 ^{a,1}	11,50 ^{a,b,1}	11,78 ^{c,d,1}	5,60 ^a
2STPP/1TSP/1SHMP	10,82 ^{a,b,1}	10,80 ^{a,1}	11,15 ^{a,b,1}	11,07 ^{b,c,d,1}	6,43 ^a
1TSP/1TSPP/ 1STPP/1SHMP	10,91 ^{a,b,1}	12,02 ^{a,1}	11,80 ^{a,b,2}	11,42 ^{b,c,d,1}	6,54 ^a
4TSP	10,95 ^{a,b,1}	11,56 ^{a,1}	11,34 ^{a,b,1}	10,96 ^{b,c,d,1}	9,09 ^a
4SHMP	11,04 ^{b,1}	11,86 ^{a,2}	11,20 ^{a,b,1}	10,73 ^{a,b,c,1}	7,69 ^a
1,2NaCl	10,15 ^{a,b,1}	11,04 ^{a,1}	11,36 ^{a,b,1}	10,79 ^{a,b,c,1}	7,85 ^a
Controle	10,54 ^{a,b,1}	10,84 ^{a,2}	10,60 ^{a,1}	9,77 ^{a,1}	7,28 ^a

Por comparação das médias por teste de Tukey, letras iguais em uma mesma coluna e números iguais em uma mesma linha não apresentam diferença estatística significativa entre as médias ($p < 0,05$).

Embora a coloração de carne fresca não esteja completamente relacionada com os atributos sensoriais de sabor e textura, o consumidor permanece demandando cortes bovinos de coloração vermelho-cereja, cortes de cordeiros vermelho-tijolo e carnes de aves e suínos com tons de cor rosa. No ponto de vendas observa-se que a cor, bem como sua estabilidade, são os atributos mais importantes para o consumidor, sendo este fator decisivo no momento da compra (TROY, KERRY, 2010). Tamanha importância para tal atributo justifica as avaliações de carnes

embaladas com atmosfera modificada, realizados por muitos grupos de pesquisa (WICKLUND *et al.*, 2006).

4.5 PERDA DE PESO NO COZIMENTO

Além do gotejamento, a perda de peso durante o cozimento é um atributo importante para o consumidor, o qual pode sentir-se lesado ao observar elevada quantidade de água liberada durante o aquecimento. Notadamente, a indústria deve utilizar a tecnologia do *enhancement* para aprimorar qualidades sensoriais, e não lesar o consumidor através de fraudes.

Conforme apresentando na Figura 34, as médias de perda de peso durante o cozimento dos tratamentos Controle, 1,2NaCl, 1TSP/1TSPP/1STPP/1SHMP e 3STPP/1SHMP não apresentaram diferenças significativa entre si, sendo que estes tratamentos demonstraram os maiores valores de perda de peso no cozimento. Contudo, deve-se considerar que o tratamento Controle não foi submetido à injeção de salmoura e apresentou perda de peso semelhante ao tratamento 1,2NaCl; ou seja, a retenção de água nos tratamentos 1,2NaCl, 1TSP/1TSPP/1STPP/1SHMP e 3STPP/1SHMP foram superiores ao tratamento Controle, haja visto que possuíam cerca de 5% a mais de umidade inicial – conforme observação da Figura 26.

Os tratamentos 4TSPP, 3TSPP/1TSP, 3STPP/1TSP, 4TSP e 4SHMP apresentam menores perdas de peso, muito embora demonstraram médias estatisticamente semelhantes.

Wright e colaboradores (2005) avaliaram cortes de lombos suínos comercializados em 8 cidades norte americanas, sendo 276 amostras submetidas à tecnologia de *enhancement* e 324 amostras *in natura*. Este estudo demonstrou que o processo tecnológico envolvido reduz a perda de peso no cozimento quando comparado a lombos *in natura*; nesta avaliação o resultado médio de perda de cozimento para a primeira situação foi de 13,84%, enquanto amostras *in natura* apresentaram perda de 15,36%.

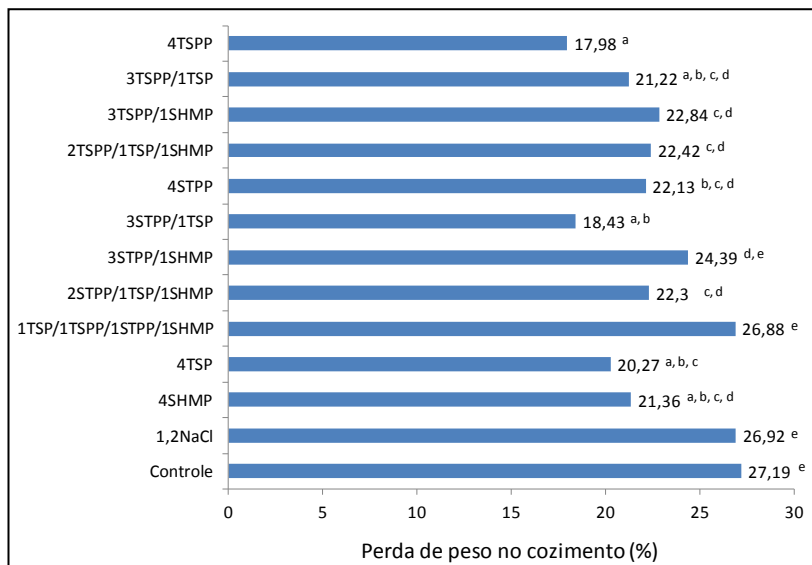


Figura 34 Resultados de perda no cozimento. Por comparação das médias por teste de Tukey, letras iguais não apresentam diferença estatística significativa entre as médias ($p < 0,05$).

Wicklund e colaboradores (2006) avaliaram o efeito da adição de 0,4% de tripolifosfato de sódio e mistura de fosfatos (tripolifosfato de sódio com hexametáfosfato de sódio) em lombos suínos embalados em atmosfera modificada (0,4% CO /30% CO_2 /69,6% N_2 e 80% O_2 /20% CO_2). Neste estudo foi observado que, independente do processo de embalagem, os tratamentos contendo exclusivamente tripolifosfato de sódio apresentaram menor perda de peso durante o cozimento. Tal fato, segundo os autores, está relacionado ao maior pH de soluções 1% de tripolifosfato de sódio (9,8), quando comparado com a mistura comercial de fosfato (9,5).

Embora não fora possível relacionar a variação da perda de peso com os diferentes fosfatos ou pH das salmouras injetadas, de forma geral a tecnologia de *enhancement* contribuiu para a retenção de água durante o cozimento. Considerando estes resultados, bem as pesquisas realizadas por outros grupos de trabalho, ressalta-se o efeito positivo da adição dos fosfatos na redução da perda de peso durante o cozimento.

4.6 TENSÃO DE CISALHAMENTO DE WARNER–BRATZLER

Inúmeros métodos são aplicados para a mensuração objetiva da maciez e textura da carne; dentre estes, a avaliação de cisalhamento, a exemplo do Warner-Brazler, mede a força necessária para se cortar um alimento, de forma que a força máxima é, geralmente, considerada a dureza ou firmeza do alimento (RAMOS; GOMIDE, 2009).

A Tabela 17 ilustra os valores de tensão de cisalhamento dos distintos tratamentos deste estudo, onde se observa que o tratamento Controle apresentou índices estatisticamente superiores aos demais, de forma a evidenciar a eficácia da tecnologia *enhancement* neste atributo – assim como observado por Hayes e colaboradores (2006). Entretanto, outros pesquisadores têm percebido a redução da tensão de cisalhamento em apenas alguns tratamentos específicos (BAUBLITS *et al.*, 2005a).

No presente estudo os menores valores de tensão de cisalhamento foram obtidos nos tratamentos 3STPP/1SHMP, 2TSPP/1TSP/1SHMP, 4TSPP, 4STPP, 4TSP e 1TSP/1TSPP/1STPP/1SHMP; já os tratamentos 3TSPP/1SHMP e 2STPP/1TSP/1SHMP apresentaram valores estatisticamente superiores ao tratamento com 1,2NaCl, de forma que estas combinações de fosfatos não apresentaram sinergia com o cloreto de sódio quando considerado a redução da tensão de cisalhamento.

Tabela 17 Resultados de tensão de cisalhamento, em Newton, obtidos através da análise de Warner-Bratzler.

Tratamento	Média (N)	Intervalo de confiança (95%)
4TSPP	12,3 ^{a,b,c}	11,32 - 13,27
3TSPP/1TSP	14,65 ^{c,d}	13,68 - 15,63
3TSPP/1SHMP	17,01 ^e	16,04 - 17,98
2TSPP/1TSP/1SHMP	12,17 ^{a,b}	11,20 - 13,15
4STPP	12,9 ^{a,b,c}	11,93 - 13,88
3STPP/1TSP	15,7 ^{d,e}	14,72 - 16,67
3STPP/1SHMP	11,54 ^a	10,56 - 12,51
2STPP/1TSP/1SHMP	17,54 ^e	16,56 - 18,51
1TSP/1TSPP/ 1STPP/1SHMP	13,08 ^{a,b,c}	12,11 - 14,06
4TSP	12,9 ^{a,b,c}	11,93 - 13,87
4SHMP	14,49 ^{b,c,d}	13,51 - 15,46
1,2NaCl	14,42 ^{b,c,d}	13,40 - 15,45
Controle	22,67 ^f	21,69 - 23,64

Por comparação das médias por teste de Tukey, letras iguais em uma mesma coluna não apresentam diferença estatística significativa entre as médias ($p < 0,05$).

Em trabalho envolvendo oito tipos de cortes bovinos e três formas de tratamentos – marinação, injeção e tambeamento à vácuo –, Molina e colaboradores (2005) utilizaram 10% de incremento, correspondendo 0,5% de cloreto de sódio e 0,4% de tripolifosfato de sódio no produto final. Em suas observações detectaram comportamentos distintos do impacto da adição de fosfatos e cloreto de sódio na tensão de cisalhamento, de forma que nem todos os músculos apresentaram redução nos resultados da análise de Warner-Bratzler. Este grupo de trabalho coincidiu as avaliações instrumentais com painel sensorial treinado, onde se observou maior impacto positivo dos tratamentos na maciez, quando comparado ao grupo Controle (sem adição de cloreto de sódio e fosfatos).

5 CONCLUSÕES

Foi possível observar que os lombos suínos injetados apresentam menores valores de proteína e lipídio em relação ao tratamento Controle, uma vez que estes foram diluídos pela injeção de salmoura. Embora os valores físico-químicos tenham apresentado pequena variação nos resultados, as avaliações das propriedades funcionais e sensoriais instrumentais demonstraram maior variabilidade nos resultados.

A adição de fosfatos colaborou para o aumento da força iônica e alteraram o pH de soluções contendo cloreto de sódio, sendo que a aplicação de fosfatos inorgânicos em produtos cárneos deve considerar o pH de suas soluções.

A sinergia entre fosfatos e cloreto de sódio no aumento da capacidade de retenção de água, e consequentemente no rendimento, ficou evidente a partir da análise de perda por exsudação, gotejamento e no cozimento, onde estes tratamentos, de forma geral, apresentaram menores valores em relação ao tratamento Controle e 1,2NaCl.

No início do acompanhamento, a amostra Controle apresentou-se mais clara em relação as demais e o STPP influenciou na manutenção da luminosidade (L^*); o índice de saturação (C^*) e variação global de cor (ΔE^*) apresentaram pequena variação ao longo do tempo.

Os resultados sugerem que o uso de cloreto de sódio à 1,2% do produto acabado promove redução na perda por exsudação, gotejamento, cozimento e tensão de cisalhamento em lombos suínos injetados quando comparado a amostras sem tratamento. Além disso, considera-se evidente a sinergia entre cloreto de sódio e algumas combinações de fosfatos nas propriedades funcionais de lombos suínos submetidos ao processo de injeção.

Considerando a tecnologia de *enhancement*, a aplicação de mistura de fosfatos pode auxiliar na promoção da funcionalidade de fosfatos utilizados de forma isolada. Além disso, o impacto da aplicação de fosfatos e suas misturas na coloração de lombos suínos injetados é pequena quando considerada a vida de prateleira.

6 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Novas pesquisas são provenientes de ramificações de trabalhos previamente realizados. Desta forma, são sugestões para futuros trabalhos:

- Avaliar comparativamente os processos de injeção e injeção seguida de tambleamento, de forma a buscar menor variação na distribuição da salmoura para trabalhos que consideram avaliações de rendimento, propriedades funcionais e características sensoriais instrumentais.
- Investigar metodologias de controle de adição de fosfatos em produtos cárneos aplicadas em outros países, considerando aspectos legais e de saúde populacional, de forma a possibilitar discussão sob a prática nacional.
- Determinar a influência de cloreto de sódio e misturas de fosfatos diretamente na microestrutura proteica a partir de avaliações considerando o isolamento destas.
- Aplicar a tecnologia de *enhancement* a outros cortes suínos ou produtos cárneos derivados de aves e bovinos, considerando a utilização de frações de diferentes fosfatos e teores variados de injeção.
- Investigar a influência de outros aditivos, a exemplo de citrato de sódio e bicarbonato de sódio, em amostras cárneas submetidas a processo de *enhancement*, sejam eles aplicados individualmente ou em combinação de cloreto de sódio e fosfatos.

REFERÊNCIAS

AASLYNG, M. D.; MARJATTA OKSAMA, M.; OLSEN, E. V.; BEJERHOLM, C.; BALTZER, M.; ANDERSEN, G.; BREDIE, W. L. P.; BYRNE, D. V.; GABRIELSEN, G. The impact of sensory quality of pork on consumer preference. **Meat Science**, v. 76, p. 61-73, 2007.

ABIEPCS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. **Relatório Anual de 2009**. Disponível em <http://www.abiepcs.org.br>. Acesso em 09 nov. 2011.

ABIEPCS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. **Relatório Anual de 2010**. Disponível em <http://www.abiepcs.org.br>. Acesso em 09 nov. 2011.

ABIEPCS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. **Consumo Mundial de Carne Suína**. Disponível em <http://www.abiepcs.org.br>. Acesso em 03 jan. 2012.

ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; GERRARD, D. E.; MILLS, E. W. **Principles of meat science**. 4 ed. Londres: Kendal/Hunt, 2001.

ALIÑO, M.; GRAU, R.; FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, A.; ARNOLD, A.; BARAT, J. M. Influence of brine concentration on swelling pressure of pork meat throughout salting. **Meat Science**, v. 86, p. 600-606, 2010.

AMSA. Guidelines for meat color evaluation. **Proceedings of the reciprocal meat conference. 44th**, Chicago, American Meat Science Association in cooperation with the National Livestock and Meat Board, 1991.

BAILEY, A. J.; LIGHT, N. D. **Connective tissue in meat and meat products**. Barking: Elsevier Applied Science, 1989.

BAUBLITS, R. T.; MEULLENET, J. F.; SAWYER, J. T.; MEHAFFEY, J. M.; SAHA, A. Pump rate and cooked temperature effects on pork loin instrumental, sensory descriptive and consumer-rated characteristics. **Meat Science**, v. 72, p. 741-750, 2006a.

BAUBLITS, R. T.; POHLMAN, F. W.; BROWN JR, A. H.; JOHNSON, Z. B. Effects of sodium chloride, phosphate type and

concentration, and pump rate on beef *biceps femoris* quality and sensory characteristics. **Meat Science**, v. 70, p. 205-214, 2005a.

BAUBLITS, R. T.; POHLMAN, F. W.; BROWN JR, A. H.; JOHNSON, Z. B. Effects of enhancement with varying phosphate types and concentrations, at two different pump rates on beef *biceps femoris* instrumental color characteristics. **Meat Science**, v. 71, p. 264-276, 2005b.

BAUBLITS, R. T.; POHLMAN, F. W.; BROWN JR, A. H.; JOHNSON, Z. B. Effects of enhancement with differing phosphate types, concentrations, and pump rates, without sodium chloride, on beef *biceps femoris* instrumental color characteristics. **Meat Science**, v. 72, p. 503-512, 2006b.

BECKER, T. Consumer perception of freshmeat quality: A framework for analysis. **British Food Journal**, v. 102, p. 158-176, 2000.

BERTRAM, H. C.; ANDERSEN, H. J.; KARLSSON, A. H. Comparative study of low-field NMR relaxation measurements and two traditional methods in the determination of water holding capacity of pork. **Meat Science**, v. 57, p. 125-132, 2001.

BJÖRKROTH, J. Microbiological ecology of marinated meat products. **Meat Science**, v.70, pp. 47-480, 2005.

BRAGAGNOLO, N. Aspectos comparativos entre carnes segundo a composição de ácidos graxos e teor de colesterol. **2a Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína**. Concórdia, Brasil, 2001.

BRASHEAR, G.; BREWER, M. S.; MEISINGER, D.; MCKEITH, F. K. Raw material pH, pump level and pump composition on quality characteristics of pork. **Journal of Muscle Foods**, v. 13, p. 189-204, 2002.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria nº 1.004, de 11/12/1998. Atribuição de Função de Aditivos, Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8 - Carne e Produtos Cárneos. **Diário Oficial da União**, seção I, 22 de março de 1999a.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução nº 179, de 17/10/2001. Aprovar a extensão de uso dos Aditivos INS451i Tripolifosfato de sódio e INS 466 Carboximetilcelulose de sódio como estabilizantes em produtos cárneos, em complementação ao vigente na Portaria SVS/MS n.º 1004 de 11/12/98.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Decreto nº 30.691, de 29/03/1952. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA. **Diário Oficial da União**, seção I, 7 de julho de 1952.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 20, de 21/07/1999. Métodos Analíticos Físico-Químicos para Controle de Produtos Cárneos e seus Ingredientes – Sal e Salmoura. **Diário Oficial da União**, seção I, 27 de setembro de 1999b.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 51, de 29/12/2006. Regulamento Técnico de Atribuição de Aditivos, e seus Limites das Seguintes Categorias de Alimentos 8: Carne e Produtos Cárneos. **Diário Oficial da União**, seção I, 4 de janeiro de 2007.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 89, de 17/12/2003. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Aves Temperadas. **Diário Oficial da União**, seção I, 18 de dezembro de 2003.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Portaria nº 711, de 01/11/1995. Aprova as normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos. **Diário Oficial da União**, seção I, 03 de novembro de 1995.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Portaria nº 304, de 23/04/1996. Estabelecimentos de abate de bovinos, bubalinos e suínos, somente poderão entregar carnes e miúdos, para comercialização, com temperatura de até 7 (sete) graus centígrados. **Diário Oficial da União**, seção I, 23 de abril de 1996.

BREWER, M. S. Water-holding Capacity. In: **Encyclopedia of meat sciences**, v.3, p. 242-249 (JENSEN, W. K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M., ed.). London: Elsevier Science Publications, 2004.

BREWER, M. S.; NOVAKOFSKI, J.; FREISE, K. Instrumental evaluation of pH effects on ability of pork chops to bloom. **Meat Science**, v.72, p. 596-602, 2006.

BRØNDUM, J.; MUNCK, L.; HENCKEL, P.; KARLSSON, A.; TORNBERG, E.; ENGELSEN, S. B. Prediction of water-holding capacity and composition of porcine meat with comparative spectroscopy. **Meat Science**, v. 55, p. 177-185, 2000.

CASSENS, R. G. Historical perspectives and current aspects of pork meat quality in the USA. **Food Chemistry**, v. 69, p. 357-363, 2000.

CORNFORTH, D. P.; JAYASINGH, P. Colour and Pigment. **Encyclopedia of meat sciences**, v.3, p. 210-218 (JENSEN, W. K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M., ed.). London: Elsevier Science Publications, 2004.

CORNFORTH, D. P. Color – its basis and importance. In: **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**, pp. 34-78 (PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R.) Glasgow: Academic & Professional, 1994

CROW, B. A.; DIKEMAN, M. E.; HOLLIS, L. C.; PHEBUS, R. A.; RAY, A. N.; HOUSER, T. A.; GROBBEL, J. P. A comparison of needle-free and needle-injection methods and solutions for enhancement of beef *longissimus lumborum* muscles. **Meat Science**, v. 84, p. 529-537, 2010.

DAGUER, H. **Efeitos da injeção de ingredientes não cárneos nas características físico-químicas e sensoriais do lombo suíno**. 2009. 187 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, UFPR, Curitiba.

DAGUER, H.; ASSIS, M. T. Q. M.; BERSOT, L. S. Controle da utilização de ingredientes não cárneos para injeção e marinação de carnes. **Ciência Rural**, v. 40, p. 2037-2046, 2010.

DAMODARAN, S. Structure-function relationship of food proteins. In: **Protein Functionality in Food Systems**, p. 1-38 (HETTIARACHCHY, N. S.; ZIEGLER, G. R., eds.) Marcel Dekker: New York, 1994.

DAMODARAN, S. Amino Acids, Peptides, and Proteins, In: **Food Chemistry**, 3 ed., p. 321-430 (FENNEMA, O. R., ed.), New York: Marcel Dekker, 1996.

DAVIES, A. S. Muscle structure and contraction. In: **Encyclopedia of meat sciences**, v.3, p. 210-218 (JENSEN, W. K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M., ed.). London: Elsevier Science Publications, 2004.

DIRINCK, P.; DE WINNE, A.; CASTEELS, M.; FRIGGS, M. Studies on vitamin E and meat quality. 1. Effect of feeding high vitamin E levels on time-related pork quality. **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v. 44, p. 65-68, 1996.

DURAND, P. **Tecnología de los productos de charcutería y salazones**. Zaragoza: Acribia Editorial, 2002.

ELAM, T. E. The world pork industry – rapid change and restructuring implications for a global pork market. In: **Elanco Animal Health International Symposium**. Indianapolis, Indiana, EUA, 1997.

ELMASRY, G.; SUN, D.; ALLEN, P. Non-destructive determination of water-holding capacity in fresh beef by using NIR hyperspectral imaging. **Food Research International**, v. 44, p. 2624-2633, 2011.

ESTADOS UNIDOS. Food Safety and Inspection Service. Department of Agriculture. **Code of Federal Regulations**, Title 9: Animals and animal products, Part 424: Preparation and processing operations, Subpart C: Food ingredients and sources of radiation, p.613-637, 2011.

FEINER, G. **Meat products handbook: practical science and technology**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2006.

FENNEMMA, O. R. Water and Ice, In: **Food Chemistry**, 3 ed., p. 17-88 (FENNEMA, O. R., ed.), New York: Marcel Dekker, 1996.

FOEGEDING, E. A.; LANIER, T. C.; HULTIN, H. O. Characteristics of Edible Muscle Tissues. In: **Food Chemistry**, 3 ed., p. 17-88 (FENNEMA, O. R., ed.), New York: Marcel Dekker, 1996.

FRANCO, F. O. **Efeito das variações térmicas na perda da umidade em carcaças de frango**. 2007. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, USP, São Paulo.

GAULT, N. F. S. The relationship between water-holding capacity and cooked meat tenderness in some beef muscles as influenced by acidic conditions below the ultimate pH. **Meat Science**, v. 15, p. 15-30, 1985.

GLITSCH, K. Consumer perceptions of fresh meat quality: Cross-national comparison. **British Food Journal**, v. 102, p. 177-194, 2000.

GOLL, D. E.; ROBSON, R. M.; STROMER, M. H. Skeletal muscle, nervous system, temperature regulation, and special senses, In: **Duke's physiology of domestic animals**, 11 ed., p. 548-580 (SWENSEN, M. J.; REECE, W. O., ed.). Ithaca: Cornell University Press, 1984.

GRAIVER, N.; PINOTTI, A.; CALIFANO, A.; ZARITZKY, N. Diffusion of sodium chloride in pork tissue. **Journal of Food Engineering**, v. 77, p. 910-918, 2006.

GREASER, M. L. Postmortem muscle chemistry. In: **Meat Science and Applications** (HUI, Y. H.; NIP, W.; ROGERS, R. W.; YOUNG, O. A.). Marcel Dekker: New York, 2001.

GUIHENEUF, T. M.; GIBBS, S. J.; HALL, L. D. Measurement of the inter-diffusion of sodium ions during pork brining by one-dimensional Na-23 magnetic resonance imaging (MRI). **Journal of Food Engineering**, v. 31, p. 457-471, 1997.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advanced Food Research**. v. 10, p. 355-463, 1960.

HAMM, R. Functional properties of the myofibrillar system and their measurements, In: **Muscle as food**, p. 135-199 (BECHTEL, P. J., ed.). Academic Press Inc.: San Diego, 1986.

HANSEN, C. L.; van der BERG, F.; RINGGAARD, S.; STØDKILDE-JØRGENSEN, H.; KARLSSON, A. H. Diffusion of NaCl in meat studied by ¹H and ²³Na magnetic resonance imaging. **Meat Science**, v. 80, p. 851-856, 2008.

HARADA, M. M. **Efeito da desossa e da marinação sobre as características de processamento, físico-químicas e sensoriais do músculo *Biceps femoris***. 2004. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba.

HAYES, J. E.; DESMOND, E. M. TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J.; MEHRA, R. The effect of enhancement with salt, phosphate and milk proteins on the physical and sensory properties of pork loin. **Meat Science**, v. 72, p. 380-386, 2006.

HERTOG-MEISCHKE, M. J. A.; LAACK, R. J. L. M.; SMULDERS, F. J. M. The water holding capacity of fresh meat. **The Veterinary Quarterly**, v. 19, p. 175-181, 1997.

HONIKEL, K. O. Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. **Food Chemistry**, v. 59, p. 573-582, 1997.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v. 49, p. 447-457, 1998.

HONIKEL, K. O. Conversion of muscle to meat. In: **Encyclopedia of meat sciences**, v.3, p. 210-218 (JENSEN, W. K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M., ed.). London: Elsevier Science Publications, 2004.

HOURLANT, P. General properties of the alkaline phosphates: major food and technical applications. **Phosphorus Research Bulletin**, v. 15, p. 85-94, 2004.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat Science**, v. 71, p. 194-204, 2005.

HUNTERLAB, CIE L* a* b* Color Scale, **Hunterlab Applicarions Note**, v. 8, n. 7, 2008.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1ª edição digital. São Paulo: IAL, 2008.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Carnes Bovina e Suína – Teor de Gordura e Colesterol em**

Alimentos. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/consumidor>. Acesso em 15 nov. 2011.

IOCCA, A. F. S. **Efeitos da aplicação de salmoura com plasma bovino em músculo *Biceps femoris* (coxão duro) injetado, cru e cozido na estabilidade física, química, microbiológica e sensorial.** 2009. 125 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, UNESP, Araraquara.

KAUFMANN, R. G. Meat Composition, In: **Meat Science and Applications**, p. 1-20. (HUI, Y. H.; NIP, W.; ROGERS, R. W.; YOUNG, O. A.). Marcel Dekker: New York, 2001.

KAUFMANN, R. G.; EIKELENBOOM, G.; VAN DER WAL, P. G.; MERKUS, G.; ZAAR, M. The use of filter paper to estimate drip loss of porcine musculature. **Meat Science**, v. 18, p. 191–200, 1986.

KEETON, J. T.; EDDY, S. Chemical and physical characteristics of meat. In: **Encyclopedia of meat sciences**, v.3, p. 210-218 (JENSEN, W. K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M., ed.). London: Elsevier Science Publications, 2004.

KINSELLA, J. E. Functional properties of food proteins: A review. **Food Science and Nutrition**, v.7, p. 219-280, 1976.

KNOCK, R. C.; SEYFERT, M.; HUNT, M. C.; DIKEMAN, M. E.; MANCINI, R. A.; UNRUH, J. A.; HIGGINS, J. J.; MONDEREN, R. A. Effects of potassium lactate, sodium chloride, and sodium acetate on surface shininess/gloss and sensory properties of injection-enhanced beef strip-loin steaks. **Meat Science**, v. 74, p. 312–318, 2006.

KOOHMARAIE, M.; GEESINK, G. H. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. **Meat Science**, v. 74, p. 34-43, 2006.

KOOHMARAIE, M.; KENT, M. P.; SHACKELFORD, S. D.; VEISETH, E.; WHEELER, T. L. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? **Meat Science**, v. 62, p. 345-352, 2002.

LAWRENCE, T. E.; DIKEMAN, M. E.; HUNT, M. C.; KASTNER, C. L.; JOHNSON, D. E. Effects of enhancing beef longissimus with phosphate plus salt, or calcium lactate plus non-phosphate water binders plus rosemary extract. **Meat Science**, v. 67, p. 129-137, 2004.

LAWRIE, R. A. **Ciência da Carne**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

LEE, B. J.; HENDRICKS, D. G.; CORNFORTH, D. P. Effect of sodium phytate, sodium pyrophosphate, and sodium tripolyphosphate on physico-chemical characteristics of restructured beef. **Meat Science**, v. 50, p. 273-283, 1998.

LEPETIT, J. A theoretical approach of the relationships between collagen content, collagen cross-links and meat tenderness. **Meat Science**, v. 76, p. 147-159, 2007.

LYON B. G.; SMITH, D. P.; SAVAG, E. M. Descriptive sensory analysis of broiler breast fillets marinated in phosphate, salt, and acid solutions. **Poultry Science**, v.84, p. 345–349, 2005.

MEISINGER, D. A system for assuring pork quality – Further processing of fresh pork. **National Pork Board**, 2002.

MICKLANDER, E.; BERTRAM, H. C.; MARNØ, H.; BAK, L. S.; ANDERSEN, H. J.; ENGELSEN, S. B.; NØRGAARD, L. Early post-mortem discrimination of water-holding capacity in pig longissimus muscle using new ultrasound method. **LWT – Food Science and Technology**, v., 38, p 437-445, 2005.

MILLER, R. K. Functionality of non-meat ingredients used in enhanced pork – Pork quality. **National Pork Board**, 1998.

MILLER, R. K. Palatability. In: **Encyclopedia of meat sciences**, v. 3, p. 256-266 (JENSEN, W. K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M. ed.), London: Elsevier Science Publications, 2004.

MILLS, E. Additives. In: **Encyclopedia of meat sciences**, v. 3, p. 6-11 (JENSEN, W. K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M. ed.), London: Elsevier Science Publications, 2004.

MOLINA, M. E.; JOHNSON, D. D.; WEST, R. L.; GWARTNEY, B. L. Enhancing palatability traits in beef chuck muscles. **Meat Science**, v. 71, p. 52-61, 2005.

MURPHY-GUTEKUNST, L., URIBARRI, J. Hidden Phosphorus-enhanced meats: Part 3. **Journal of Renal Nutrition**, v. 15, p. E1-E4, 2005.

NAVEENA, B. M.; KIRAN, M.; REDDY, K. S.; RAMAKRISHNA, C.; VAITHIYANATHAN, S.; DEVATKAL, S. K. Effect of ammonium hydroxide on ultrastructure and tenderness of buffalo meat. **Meat Science**, v. 88, p. 727-732, 2011.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger: Principles of Biochemistry**, 5 ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2008.

OFFER, G.; COUSINS, T. The mechanism of drip production: formation of 2 compartments of extracellular-space in muscle postmortem. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 58, p. 107-116, 1992.

OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water-holding capacity in meat. In: **Developments in meat science**, v. 4, p. 173-243, (LAWRIE, R. A., ed.), London: Elsevier Science Publications, 1988.

OFFER, G.; TRINICK, J. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. **Meat Science**, v. 8, p. 245-281, 1983.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **Carnes: no caminho da pesquisa**. 2ª ed. Cocal do Sul: Imprint, 2002.

ORELLANA, C.; PEÑA, F.; GARCÍA, A.; PEREA, J.; MARTOS, J.; DOMENECH, V.; ACERO, R. Carcass characteristics, fatty acid composition, and meat quality of Criollo Argentino and Braford steers raised on forage in a semi-tropical region of Argentina. **Meat Science**, v. 81, p. 57-64, 2009.

OTTO, G.; ROEHE, R.; LOOFT, H.; THOELKING, L.; KALM, E. Comparison of different methods for determination of drip loss and their relationships to meat quality and carcass characteristics in pigs. **Meat Science**, v. 68, p. 401-409, 2004.

PIETRASIK, Z.; JANZ, J. A. M. Influence of freezing and thawing on the hydration characteristics, quality, and consumer acceptance of whole muscle beef injected with solutions of salt and phosphate. **Meat Science**, v. 81, p. 523-532, 2009.

PREVOLNIK, M.; ČANDEK-POTOKAR, M.; ŠKORJANC, D. Predicting pork water-holding capacity with NIR spectroscopy in relation to different reference methods. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 347–352, 2010.

PUOLANNE, E.; KIVIKARI, R. Determination of the buffering capacity of *post rigor* meat. **Meat Science**, v. 56, p. 7-13, 2000.

RAMÍREZ, R.; CAVA, R. Carcass composition and meat quality of three different Iberian X Duroc genotype pigs. **Meat Science**, v. 75, p. 388–396, 2007.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa: Editora UFV, 2009.

RUST, R. E. Marketing opportunities for enhanced fresh pork. **Meat International**, v. 8, p. 36-39, 1998.

SANTOS, T. M. B.; CAPPI, N.; SIMÕES, A. R. P.; SANTOS, V. A. C.; PAIANO, D.; GARCIA, E. R. M. Diagnóstico do perfil do consumidor de carne suína no município de Aquidauana-MS. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, p. 1-13, 2011.

SCHIRMER, B. C.; HEIR, E.; LANGSRUD, S. Characterization of the bacterial spoilage flora in marinated pork products. **Journal of Applied Microbiology**, v.106, n.6, p. 2106-2116, 2009.

SCHLINDWEIN, M. M.; KASSOUF, A. L. Análise da influência de alguns fatores socioeconômicos e demográficos no consumo domiciliar de carnes no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, p. 549-572, 2006.

SHAHIDI, F.; SAMARANAYAKA, A. G. P. Brines. In: **Encyclopedia of meat sciences**, v. 3, p. 6-11 (JENSEN, W. K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M. ed.), London: Elsevier Science Publications, 2004.

SHEARD, P. R.; TALI, A. Injection of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooked pork loin. **Meat Science**, v. 68, p. 305-311, 2004.

SHEN, Q. W.; SWARTZ, D. R. Influence of salt and pyrophosphate on bovine fast and slow myosin S1 dissociation from actin. **Meat Science**, v. 84, p. 364-370, 2010.

SHULTZ, G. W.; RUSSEL, D. R.; WIERBICKI, E. Effect of condensed phosphates on pH, swelling and water holding capacity of beef. **Journal of Food Science**, v. 37, p. 860-864, 1972.

STATSOFT. Statistica Versão 7.0. Tulsa, 2004.

STEPHENS, J. W.; DIKEMAN, M. E.; UNRUH, J. A.; HAUB, M. D.; TOKACH, M. D. Effects of pre-rigor injection of sodium citrate or acetate, or post-rigor injection of phosphate plus salt on post-mortem glycolysis, pH, and pork quality attributes. **Meat Science** v. 74, p. 727-737, 2006.

THOMPSON, J. M.; PERRY, D.; DALY, B.; GARDNER, G. E.; JOHNSTON, D. J.; PETHICK, D. W. Genetic and environmental effects on the muscle structure response post-mortem. **Meat Science**, v. 74, p. 59-65, 2006.

TROUT, G. R.; SCHMIDT, G. R. Effect of phosphate type and concentration, salt level, and method of preparation on binding in restructured beef rolls. **Journal of Food Science**, v. 49, p. 687-694, 1984.

TROUT, G. R.; SCHMIDT, G. R. The effect of cooking temperature on the functional properties of beef proteins: the role of ionic strength, pH, and pyrophosphate. **Meat Science**, v. 20, p. 129-147, 1987.

TROY, D. J.; KERRY, J. P. Consumer perception and the role of science in the meat industry. **Meat Science**, v. 86, p. 214-222, 2010.

URIBARRI, J.; CALVO, M. S. Hidden sources of phosphorus in the typical American diet: Does it matter in nephrology? **Seminars in dialysis**, v. 16, p. 186-188, 2003.

USDA. United States Department of Agriculture. **National Nutrient Database for Standard Reference**. Disponível em <http://ndb.nal.usda.gov>. Acesso em 03 fev. 2012.

UTTARO, B.; AALHUS, J. L. Effect of thawing rate on distribution of an injected salt and phosphate brine in beef. **Meat Science**, v. 75, p. 480-486, 2007.

VENEZUELA. COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. Norma General para Aditivos Alimentares. **COVENIN 910**, 2000.

WARNER, R. D.; GREENWOOD, P. L.; PETHICK, D. W.; FERGUSON, D. M. Genetic and environmental effects on meat quality. **Meat Science**, v. 86, p. 171-183, 2010.

WARRISS, P. D. **Meat Science: An Introductory Text**. New York: CABI Publishing, 2000.

WICKLUND, R. A.; PAULSON, D. D.; TUCKER, E. M.; STETZER, A. J.; DESANTOS, F.; ROJAS, M.; MACFARLANE, B. J.; BREWER, M. S. Effect of carbon monoxide and high oxygen modified atmosphere packaging and phosphate enhanced, case-ready pork chops. **Meat Science**, v. 74, p. 704-709, 2006.

WIERBICKI, E.; DEATHERAGE, F. E. Determination of water-holding capacity of fresh meats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 6, p. 387-392, 1958.

WOOD, J. D.; ENSER, M.; FISHER, A. V.; NUTE, G. R.; SHEARD, P. R.; RICHARDSON, R. I.; HUGHES, S. I.; WHITTINGTON, F. M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, v. 78, p. 343-358, 2008.

WRIGHT, L. I.; SCANGA, J. A.; BELK, K. E.; ENGLE, T. E.; TATUM, J. D.; PERSON, R. C.; MCKENNA, R.; GRIFFINN, D. B.; MCKEITH, F. K.; SAVELL, J. W.; SMITH, G. C. Benchmarking value in the pork supply chain: Characterization of US pork in the retail marketplace. **Meat Science**, v. 71, p. 451-463, 2005.

XIONG, Y. L. Protein functionality, In: **Encyclopedia of meat sciences**, v. 3, p. 218-225 (JENSEN, W. K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M., ed.), London: Elsevier Science Publications, 2004.

XIONG, Y. L. Role of myofibrillar proteins in water-binding in brine-enhanced meats. **Food Research International**, v. 38, p. 281-287, 2005.

YAMAZAKI, M.; SHEN, Q. W.; SWARTZ, D. R. Tripolyphosphate hydrolysis by bovine fast and slow myosin subfragment 1 isoforms. **Meat Science**, v. 85, p. 446-452, 2010.

ZHANG, M.; MITTAL, G. S.; BARBUT, S. Effects of test conditions on the water holding capacity of meat by a centrifugal method. **LWT—Food Science and Technology**, v. 28, p. 50–55, 1995.